CANADA

MINISTÈRE DES MINES

HON. ED.-L. PATENAUDE, MINISTRE; R.-G. MCCONNELL, SOUS-MINISTRE.

DIVISION DES MINES

EUGÈNE HAANEL, PH.D., DIRECTEUR.

RECHERCHES SUR LE COBALT ET SES ALLIAGES, FAITES À L'UNIVERSITÉ QUEENS, DE KINGSTON, ONTARIO, POUR LA DIVISION DES MINES DU MINISTÈRE DES MINES.

TROISIÈME PARTIE

GALVANOPLASTIE AU COBALT

PAR

Herbert T. Kalmus, B.Sc., Ph.D.

EN COLLABORATION AVEC

C. H. Harper, B.A., et W.-L. Savell, B.Sc.



OTTAWA
IMPRIMERIE DU GOUVERNEMENT
1917

Nº 335

CANADA

MINISTÈRE DES MINES

HON. ES.-L. PATENAUDE, MINISTRE; R.-G. MCCONNELL, SOUS-MINISTRE.

DIVISION DES MINES

EUGÈNE HAANEL, PH.D., DIRECTEUR.

RECHERCHES SUR LE COBALT ET SES ALLIAGES, FAITES À L'UNIVERSITÉ QUEENS, DE KINGSTON, ONTARIO, POUR LA DIVISION DES MINES DU MINISTÈRE DES MINES.

TROISIÈME PARTIE

GALVANOPLASTIE AU COBALT

PAR

Herbert T. Kalmus, B.Sc., Ph.D.

EN COLLABORATION AVEC

C. H. Harper, B.A., et W.-L. Savell, B.Sc.



OTTAWA
IMPRIMERIE DU GOUVERNEMENT
1917

N° 335

LETTRE D'ENVOI.

DOCTEUR EUGÈNE HAANEL,
DIRECTEUR DE LA DIVISION DES MINES,
MINISTÈRE DES MINES,
OTTAWA, CANADA.

Monsieur,—

J'ai l'honneur de vous soumettre ci-joint, un rapport sur la "Galvanoplastie au Cobalt," formant la [illegible] partie achevée des séries de recherches faites sur le cobalt et ses alliages, dans le but d'en augmenter l'importance économique; ce travail a été le but d'analyses spéciales, que j'ai dirigées à l'Univeristé Queens, Kingston, Ontario, pour la Division des Mines du Ministère des Mines, Ottawa.

J'ai l'honneur d'être, Monsieur,
Votre obéissant serviteur,
(Signé) **Herbert T. Kalmus.**

KINGSTON, ONTARIO, 23 décembre 1914.

AVIS

Ce rapport a été publié primitivement en anglais (nº 334) dans l'année 1915.

MINISTÈRE DES MINES

HON. LOUIS CODERRE, Ministre; R. G. MCCONNELL, Sous-ministre.

DIVISION DES MINES

EUGÈNE HAANEL, Ph.D., Directeur.

TABLE DES MATIÈRES.

ILLUSTRATIONS.

RECHERCHES SUR LE COBALT ET SES ALLIAGES, FAITES À L'UNIVERSITÉ QUEENS, KINGSTON, ONTARIO, POUR LA DIVISION DES MINES DU MINISTÈRE DES MINES.

PARTIE III.

LA GALVANOPLASTIE AU COBALT.

TROISIÈME PARTIE.

LA GALVANOPLASTIE AU COBALT.

INTRODUCTION.

L'École des mines de l'Université Queen's, Kingston, Ont., a fait dans le passé et continue aujourd'hui sous la direction du gouvernement fédéral des recherches sur le cobalt métallique et ses alliages, afin d'en augmenter l'usage industriel. Ces recherches offrent les aspects généraux suivants:

I. Préparation du cobalt métallique au moyen de la réduction de l'oxyde.
II. Études sur les propriétés physiques du cobalt métallique.
III. Galvanoplastie par le cobalt et ses alliages.
IV. Alliages très durs du cobalt.
V. Alliages inaltérables du cobalt.
VI. Propriétés magnétiques du cobalt et du Fe_2Co.

BUT DES PRÉSENTES RECHERCHES.

Le présent travail est la troisième partie de la série ci-dessus, et comprend un rapport des recherches faites sur la galvanoplastie par le cobalt et quelques-uns de ses alliages.

Placage au nickel *versus* Placage au cobalt.

Le professeur Boetger faisait remarquer en 1842 qu'on pouvait obtenir des couches de nickel denses et lustrées, et que ces couches, en raison de leur résistance à l'oxydation, de leur grande dureté et de leur élégance d'aspect, étaient susceptibles de nombreux emplois. Il en est résulté que le placage industriel au nickel, au cours des dix dernières années, s'est fortement développé. D'autre part, on n'a jamais donné grand emploi industriel au placage du cobalt et de ses alliages. Ceci vient, sans doute, de la difficulté qu'il y a de trouver un approvisionnement de cobalt métallique à prix raisonnable. Mais n'oublions pas qu'une proportion considérable des frais du travail fini, dans le placage industriel vient de la main-d'oeuvre, des frais accessoires, de l'apprêt de la surface à plaquer, de la difficulté d'entretenir le bain de la somme de polissage, de l'efficacité du courant, et surtout de la rapidité avec laquelle le travail peut être passé au bain; le prix du métal avec lequel on fait les anodes et les sels n'est pas du tout le facteur unique qui porte au choix de ce métal.

Plusieurs points techniques touchant le placage au cobalt n'ont pas encore été étudiés; Les recherches correspondantes sur le nickel sont comparativement finies. Avant que les plaqueurs puissent adopter le cobalt à des fins industrielles sur une grande échelle, il faut déterminer définitivement par des expériences, de nombreuses questions, comme suit:

(1) Peut-on plaquer le cobalt sur le fer, l'acier, le laiton, l'étain, l'argent blanc, le plomb, etc., de façon à donner une surface aussi uniforme, adhésive et satisfaisante que celle du nickel?

(2) Le placage au cobalt est-il plus dur que le placage au nickel ?

(3) Le placage au cobalt est-il moins corrodé que le placage au nickel par l'action atmosphérique ordinaire ?

(4) Quel bain est le plus approprié à la déposition du cobalt lorsqu'une forte couche protectrice, à laquelle on peut donner un fini supérieur, doit se déposer dans un minimum de durée ?

(5) Peut-on maintenir un bain satisfaisant de cobalt, par comparaison avec un bain de nickel, à une telle concentration augmentée, que le placage à même ce bain puisse se faire plus rapidement ?

(6) Le bain de cobalt est-il, quant à la cristallisation, etc., plus ou moins incommode que le bain de nickel ?

(7) Devrait-on utiliser des bains alcalins, acides ou neutres dans le placage au cobalt?

(8) La nature des couches est-elle améliorée par des durcisseurs comme l'acide borique, l'acide citrique, les sels magnésiques, etc. ?

(9) Comment se compare industriellement le maximum de densité de courant auquel le cobalt peut se déposer, avec le maximum de densité de courant employé dans la déposition industrielle du nickel ?

(10) Quelle énergie électromotive doit-on employer de préférence dans le placage au cobalt, en utilisant le bain qu'on trouve le plus convenable à une catégorie donnée de travail ?

(11) Comment se comparent les anodes de cobalt avec les anodes de nickel, au point de vue solubilité, dans les conditions du bain de placage ?

(12) Quelles sont les efficacités relatives du courant de placage au cobalt et au nickel dans les meilleures conditions ?

(13) Comment se comparent les conductivités électriques des solutions satisfaisantes de placage au cobalt et au nickel.

(14) Peut-on déposer le cobalt en épaisseur considérable dans toute solution, en pratique industrielle ?

(15) Quels sont les frais relatifs du placage au nickel et au cobalt ?

Bien qu'on ait par le passé publié de nombreuses affirmations sur le placage au cobalt, les conclusions tirées d'une revue des écrits et des brevets nous porteraient plutôt au scepticisme quant aux avantages du cobaltage sur le nickelage. On remarque toutefois que les conditions indiquées par divers auteurs, quant à la production de bons cobaltages, diffèrent notoirement entre elles. Non seulement les conclusions, mais même les données qui les justifient, sont parfois diamétralement opposées.

Considérons uniquement la question des densités maximum relatives de courant auxquelles le cobalt et le nickel peuvent être plaqués avec succès. Il n'y a que peu ou rien dans ces écrits, sur les solutions de cobalt, que, dans nos laboratoires, nous avons trouvées les plus propres au placage rapide. Si l'on peut démontrer qu'il est possible en pratique, au moyen d'un bain, de plaquer plusieurs fois plus vivement au cobalt qu'au nickel, les autres aspects étant egaux ou même favorables au cobalt, cette plus grande rapidité dans la production et l'économie qui en découle, pourraient compenser la forte différence qui vient du coût primitif des anodes et des sels des deux métaux. Tous comprendront sûrement que si le sulfate de cobalt-ammonium, à cause de sa solubilité très supérieure à celle du sulfate de nickel-ammonium, ou pour d'autres raisons encore, peut servir comme bain à une densité de courant beaucoup plus forte, le plaqueur pourra avec ce bain produire un travail proportionnellement plus rapide. De plus, un placage plus rapide donnera une couche plus dense et plus dure, avec exigence moindre en poids de métal.

Plusieurs expériences en placage ont été entreprises dans notre laboratoire en vue d'étudier les questions ci-contre. Nous avons utilisé plusieurs

formules de bains au cobalt et les expériences ont été faites selon diverses concentrations de chaque solution. Le but du présent travail est d'offrir les données de ces expériences, ainsi que les conclusions qui en découlent.

Le paragraphe suivant indique sommairement la grande divergence d'opinion qu'on observe dans la revue des principaux ouvrages publiés sur ce sujet.

ÉCRITS SUR L'ÉLECTRO-DÉPOSITION DU COBALT.

Dans son travail très connu, "Electro-Deposition of Metals," Langbein accorde près de soixante-quinze pages à la précipitation du nickel et à peine deux pages à la déposition du cobalt. Il dit, au sujet du cobalt[1]

> On peut utiliser, dans le placage au cobalt, les bains indiqués sous le titre "Nickelage," en substituant, aux sels de nickel, un quantité correspondante de sels de cobalt. L'opération se fait facilement si l'on observe les règles données pour le nickelage. On doit utiliser des anodes de cobalt métallique au lieu d'anodes de nickel.
>
> La galvanoplastie au cobalt est peu répandue parce que le nickel est moins cher et de couleur un peu plus blanche. Mais en toute circonstance la solubilité supérieure du cobalt dans l'acide sulfurique dilué, rend ce métal préférable pour le revêtement des riches plaques de cuivre destinées à l'imprimerie.
>
> Selon l'ajustage plus ou moins soigneux de ces plaques dans la presse, le revêtement est par endroits plus ou moins attaqué, et il peut devenir utile de substituer une nouvelle couche à l'ancienne. Gaiffe propose à cette fin l'emploi du cobalt au lieu du nickel parce que le premier se dissout lentement mais complètement dans l'acide sulfurique dilué. Il recommande une solution d'une partie de chlorure de cobalt dans dix parties d'eau. La solution doit être neutralisée par l'eau ammoniaquée, et les clichés doivent être électroplaqués à l'aide d'un courant modéré."

Nos expériences nous prouvent en général que la substitution du cobalt au nickel dans les bains de Langbein, telle qu'il la recommande, ne rend pas justice au cobalt métallique. Ces bains ont d'abord été préparés pour le nickel, alors que le cobalt, qui jouit dans plusieurs cas d'une solubilité bien supérieure, exigeait aux fins du placage le plus rapide et le meilleur, un bain beaucoup plus concentré que celui qu'on recommande. Quelques-unes de nos meilleures solutions au cobalt ne sont pas du tout indiquées dans le répertoire de Langbein.

MacMillan,[2] Watt[3], et d'autres disent que les dépôts de cobalt sont plus durs que les dépôts correspondants de nickel. Brochet[4] écrit:

"On a proposé le cobalt au lieu du nickel lorsqu'on désirait un dépôt de dureté plus accentuée."

D'autre part Langbein[5], Wahl [6] et d'autres prétendent que les couches de cobalt sont plus douces que les couches correspondantes de nickel.

S.-P. Thompson[7] constate que les objets plaqués au cobalt sont moins corrodés dans l'atmosphère de Londres que le placage à l'argent ou au nickel, et Stolba[8] rapporte que les sels de cobalt traités comme les sels de nickel donnent des dépôts métalliques d'une coloration gris acier moins lustrée que celle du nickel et plus susceptible de ternissement.

Alors que certaines autorités prétendent qu'il est virtuellement impossible d'obtenir une couche de cobalt dont l'épaisseur dépasse quelques centièmes de millimètre, Bouant[9] dit:–

> On obtient facilement des couches électrolytiques de cobalt, même très épaisses, de sorte que l'électro-déposition du cobalt est aussi facile que celle du cuivre.

---

[1] "Electro-Deposition of Metals," Langbein, 6e édition, Henry Carey Baird and Co., Philadelphie, p. 318.
[2] Electro-Metallurgy, MacMillan, 1901, p. 227.
[3] Electro-Plating and Electro-Refining of Metals, Watt-Phillips, 1902, p. 360.
[4] Manuel Pratique de Galvanoplastie, 1902, 313.
[5] Electro-plating of Metals, 6e édition, p. 319.
[6] Electro-plating and Electro-refining of Metals, Watt-Phillips, 1902, p. 360.
[7] Journal of Institute of Electrical Engineers, 1892, p. 561.
[8] Electrical Review, 18 novembre 1887, p. 503
[9] La Galvanoplastie, Bouant, 1894, p. 204.

M. O.-P. Watts soumettait à la séance de la "American Electro-Chemical Society," en avril 1913, à Atlantic City, une revue d'une bonne partie des écrits publiés sur l'électro-déposition du cobalt. L'étude de cette revue de Watt affirme la diversité des avis indiqués ci-dessus quant au placage du cobalt.

Watts cite environ cinquante solutions de cobalt qu'on a utilisées avec plus ou moins de succès. D'aucunes sont identiques à celles que nous avons employées dans nos expériences, mais plusieurs de nos meilleures solutions ne sont pas comprises dans le répertoire.

Plusieurs de ces bains ne sont recommandés que pour des courants très faibles; d'autres sont plus ou moins indéfinis, et l'on y perçoit des contradictions accentuées. Ainsi, la première solution du répertoire de Watts est définie comme suit:

La solution Becquerel, 37·5 grammes de chlorure de cobalt neutralisé par l'ammoniaque ou l'hydroxyde de potassium, donne une couche brillante, blanche, dure et fragile; il faut employer un courant très faible.

Plus tard, Isaac Adams dira dans une requête pour un brevet, en citant Watts:

J'ai découvert qu'une solution préparée et utilisée de la façon indiquée dans les livres ne produira pas une couche de cobalt aussi uniforme et continue qu'elle est nécessaire pour la galvanoplastie heureuse et pratique des métaux au cobalt. . . . J'ai de plus constaté que les simples sels de cobalt, comme ceux que Becquerel et autres recommandent, ne sont pas des sels qu'on pourrait faire servire à a galvanoplastie pratique au cobalt.

Même dans une question aussi importante et immédiate que l'acidité ou la basicité du bain de placage, pour le plaqueur de métier, il n'y a pas d'entente générale chez les autorités quant au bain de nickel, et encore moins quant au cobalt. Le docteur Langbein écrit:[1]

Tous les bains de nickel travaillent mieux lorsqu'ils affirment une réaction neutre ou légèrement acide. . . . une réaction alcaline des bains de nickel est absolument nuisible, car ces bains déposent un métal terne et jaunâtre et ne donnent pas le couches épaisses. Bennett, Kenny et Dugliss, dans un travail lu aux assises d'avril 1914 de la "American Electro Chemical Society," New-York, donnent comme deux de leurs sept conclusions générales ce qui suit: 'On peut obtenir une bonne couche de nickel par le double sulfate si la solution reste alcaline à la surface de la cathode . . . comme l'alcalinité est nécessaire à la bonne efficacité, il est très probable que dans une solution acide le nickel n'est déposé que lorsque l'appauvrissement des ions d'hydrogène a rendu la solution alcaline, eu égard aux conditions dans lesquelles le nickel peut se déposer.

Ce qui précède ne signale que quelques-unes des nombreuses contradictions qu'on rencontre dans les écrits publiés sur l'électro-déposition du cobalt.

SUBDIVISION ET DISPOSITION DES EXPÉRIENCES EN ÉLECTRO-DÉPOSITION DU COBALT.

Nous avons fait de très nombreuses expériences de placage dans le laboratoire, aux fins déjà indiquées; nous avons étudié et utilisé seize formules différentes de solutions ou de bains au sujet de ces expériences. En voici la liste:

Série (1) Sulfate de cobalt-ammonium simple.
" (2) Sulfate de cobalt-ammonium avec excédant de sulfate d'ammonium.
" (3) Sulfate de cobalt-ammonium avec excédant de sulfate d'ammonium auquel on ajoute de l'acide citrique.

[1] Electro-Deposition of Metals, Dr. Geo. Langbein, 6e édition revisée, p. 251.

Série (4) Sulfate de cobalt-ammonium avec chlorure d'ammonium.
" (5) Chlorure de cobalt avec chlorure d'ammonium.
" (6) Sulfate de cobalt-ammonium avec acide borique.
" (7) Sulfate de cobalt-ammonium, carbonate de cabalt et acide borique.
" (8) Sulfate de cobalt, citrate de potassium et chlorure d'ammonium
" (9) Phosphate de cobalt, avec pyro-phosphate de sodium.
" (10) Sulfate de cobalt-ammonium avec sulfate de magnésium.
" (11) Sulfate de cobalt, tratrate d'ammonium neutre, avec addition d'acide tannique.
" (12) Sulfate de cobalt, tartrate de potassium, et acide tartrique.
" (13) Sulfate de cobalt, chlorure de sodium, et acide borique.
" (14) Sulfate de cobalt, sulfate d'ammonium, sulfate de magnésium avec acide borique.
" (15) Sulfate de cobalt-éthyl, sulfate de sodium, et chlorure d'ammonium.
" (16) Sulfate de cobalt, sulfate d'ammonium, chlorure d'ammonium, et acide borique.

Chaque groupe d'expériences en placage, ainsi qu'un groupe défini des principaux composants des bains, a reçu un numéro sériel. Les variations dans la concentration de ce bain, ou les changements dans les proportions relatives des composants du bain, ont été désignés par une lettre d'adjonction, A, B, et C, etc. Cette adjonction notative a aussi servi à embrasser les modifications secondaires et les additions imposées au bain. Aussi, lorsqu'il s'agit d'un bain de nickel analogue au bain de cobalt, les données des expériences qu'il a permises sont notées dans la série cobaltienne correspondante. Ainsi, la 3[e] série s'applique aux bains de sulfate de cobalt, de sulfate d'ammonium et d'acide citrique. Une combinaison de ces trois bains est indiquée III A, alors que le même bain comportant une légère quantité de sulfite de soude est indiqué III B pour en noter les effets; et le même bain, dans lequel on a substitué 34·5 grammes de sulfate de nickel aux 34·5 grammes de sulfate de cobalt de la solution III A, est appelé III C. Toutes les modifications d'un bain sont donc par ce moyen groupées dans une même série.

MODE ET DISPOSITION DES EXPÉRIENCES EN PLACAGE.

DISPOSITION DU COURANT ÉLECTRIQUE.

On recevait l'énergie de trois batteries d'emmagasinage, reliées en série et donnant environ six volts. Les divers bains étaient indépendamment reliés à travers les termini de 6 volts de cet assortiment de batteries, comportant la résistance voulue en séries pour chaque bain. De cette façon le potentiel traversant les électrodes de chaque bain se trouvait coupé à la valeur désirée. Un voltomètre Weston à portée de cinq volts, indiquant jusqu'à 0·01 volt, était relié directement aux électrodes de chaque bain, Un milli-ammètre Weston, à l'échelle de 600 milli-ampères, était relié à chaque bain en série.

CUVETTE À PLACAGE ET CALCUL DE LA SURFACE EFFECTIVE D'ÉLECTRODE.

Les cuvettes à placage qui ont servi à ces expériences étaient en verre, rectangulaires, et accusaient à peu près les dimensions internes suivantes: 12" × 6" × 6"; quelques-unes étaient plus profondes.

D'ordinaire, si la cuvette n'est pas de dimensions proportionées à l'aire des électrodes, dans sa coupe transversale, les résultats obtenus ne seront pas reproductibles. Nous avons tenté des expériences dans une cuvette dont la transversale ne dépassait pas de beaucoup les proportions des électrodes. Dans ce cas, le voltage exigé par une densité donnée de courant —les éelectrodes étant espacées de 10 cms—est bien plus fort que dans le cas d'une cuvette à transversale beaucoup plus grande, les autres conditions étant identiques. Cela vient surtout du fait que dans les transversales inférieures de la cuvette la solution utilisable entre les électrodes est diminuée

Nos électrodes avaient pour la plupart uae surface de 3" × 2" et un espacement variant de 10 à 20 cms, au centre de la cuvette rectangulaire à placage, susdite. Si l'on tient les électrodes en place et si l'on retire la cuvette par le dessous pour lui en substituer une très grande, de la même solution, l'on obtient d'après notre expérience une diminution d'environ vingt pour cent dans l'énergie électromotive qui traverse les électrodes, selon une densité donnée de courant. Les plombs des électrodes étaient recouverts d'une couche d'asphalte insulateur, comme on l'indique au chapitre des électrodes. L'aire effective des électrodes est donc, quant à ces expériences, d'environ vingt pour cent inférieure à la surface exposée.

De plus, au lieu de submerger les électrodes des dimensions ci-dessus au niveau de la cuvette, nous les avons dans certaines de nos expériences abaissées à une profondeur qui leur permettait tout juste d'être couvertes par la solution. Il est évident que dans ce cas, comme nous l'avons constaté à l'épreuve, la force électromotive qui traverse les électrodes diminuerait si la hauteur du bain était élevée autour d'elles. Ceci est vrai même si le prodécé ne couvre pas de solution, une plus grande superficie d'électrode, et même si les plombs sont insulés au moyen d'asphalte. En voici la raison: Le niveau de la solution couvrant tout juste le sommet des électrodes, le champ électrique, entre ce sommet des électrodes, se trouve limité par la surface de l'électrolyte, par comparaison avec sa proportion si les électrodes sont immergées au centre d'un vaste corps électrolytique.

En conséquence, si nos expériences avaient été faites dans une cuvette idéalement vaste, les énergies électromotives auraient été plus faibles pour les mêmes densités de courant. Nous avons préféré employer un bain à peu près conforme aux conditions courantes du placage, et nous avons pour chaque cas, signalé, dans les tableaux qui suivent, les valeurs de densité de courant d'énergie électromotive, etc., telles qu'elles ont été observées, sans correction.

Une bonne moyenne courante de placage au nickel comporte, pour plusieurs solutions, environ huit gallons de solution par chaque pied carré de surface d'anode. Nous ne nous sommes pas fortement éloignés de cette condition dans nos expériences, bien que nous ayions trouvé que différentes solutions exigeaient une force quelque peu différente de cette proportion pour donner les meilleurs résultats.

DESCRIPTION DES EXPÉRIENCES EN PLACAGE.

L'expérience en placage consistait elle-même dans la notation simple des modifications de l'apparence de la solution et des électrodes selon les progrès de la déposition, ainsi que dans la consignation des lectures fréquentes du millimètre, du voltomètre et de la durée. On mesurait de temps à autre la concentration du bain, et l'on étudiait les propriétés physiques du placage résultant.

Chaque fois qu'il a été opportun d'établir l'efficacité du courant, les observations au millimètre ont été faites à intervalles ne dépassant pas deux

minutes. Ces observations étaient très constantes dans chaque cas de sorte que les lectures plus fréquentes n'étaient pas nécessaires. On a aussi soigneusement séché et pesé la cathode avant et après la déposition, en s'assurant que les conditions de pesage de l'électrode, avant et après le placage, étaient identiques.

On a profité du principe bien connu sur la déposition du nickel et des autres métaux: la couche est plus adhésive lorsqu'elle est primitivement posée à une potentialité supérieure à celle qui doit être appliquée durant la plus grande partie de l'épreuve de placage. Notre procédé consistait dans la réduction de la résistance en séries avec le bain, de façon à employer une énergie électromotive initiale d'environ six volts ce qui apportait, durant les premières trente secondes, à peu près, de l'épreuve, des courants très considérables dans le bain. L'effet de ce procédé a été uniformément satisfaisant en tant qu'il a produit une ferme adhérence des plaqués.

Après qu'une couche suffisante eut été déposée sur la cathode, on enlevait cette dernière du bain, on la lavait immédiatement à l'eau froide, puis on la rinçait dans l'eau bouillante jusqu'à ce qu'elle eut atteint une température uniforme, après quoi on la séchait dans la sciure de bois chaude.

BRUNISSAGE ET FINISSAGE DES COBALTAGES.

Après avoir été enlevée du bain de placage et séchée, la cathode est d'ordinaire blanche et métallique et n'exige qu'un faible brunissage pour prendre un bon fini de miroir. Nous avons eu l'habitude de couper légèrement le plaqué au tripoli et aux roues d'étoupe, puis de colorer la surface aux brunissoirs légers, entre autres à la chaux de Vienne, et enfin de lui donner un polissage accusé.

PRÉPARATION ET EMPLOI DES ÉLECTRODES.

ANODES.

On a employé dans ces expériences des anodes moulés et des anodes laminés; le cobalt employé donnant l'analyse suivante:

		%
H 218	Co	95·70
	Ni	0·80
2 Anodes	Fe	2·10
	S	0·043
3½" × 2" × ¼"	C	0·040
	P	0·004
Moulés	Si	0·050

		%
H 219	Co	98·00
	Ni	0·75
4 Anodes	Fe	1·35
	S	0·042
3½" × 2" × ¼"	C	0·060
	P	0·007
Moulés	Si	0·067

		%
H 209	Co	98·75
	Ni	néant
6 Anodes	Fe	1·35
	As	néant

7" × 2½" envoyés à la Russel Motor Car Co. pour expériences	P	0·0067
	S	0·052
	C	0·061
		%
H 221	Co	95·63
4 Anodes	Ni	0·75
	Fe	3·72
3½" × 2" × ¼"	P	0·005
	S	0·029
Laminés	C	0·052
	As	0·048

Les anodes moulés ont été versés dans le sable et adoucis à la roue attritive de façon à donner une surface finie d'environ 3½" × 2" × ¼".

Les anodes laminés venaient de lingots d'environ huit pouces de longueur, et ayant un pouce carré en profil, lesquels avaient été laminés en lames de ¼ de pouce d'épaisseur et dans lesquelles ont a fini des anodes de 3½" × 2" × ¼".

Impuretés dans les anodes.

Tels qu'on les trouve sur le marché, les anodes de nickel donnent souvent environ 92% en nickel et de 7½ à 8 pour cent en fer. Le fer est fondu dans l'anode parce que le nickel pur n'est pas assez rapidement corrodé, dans la plupart des conditions, pour donner le métal nécessaire au bain. Le fer est un matériau bon marché, et possède une tension solutionnelle assez supérieure à celle du nickel pour le rendre efficace aux fins voulues. La tension solutionnelle du cobalt dans les bains de placage, par comparaison avec le nickel, permet d'employer moins de fer, ou même de n'en pas employer du tout. Des anodes très purs de cobalt ont été facilement fondus dans la solution dans les conditions données de plusieurs de nos meilleures épreuves en placage.

L'absence de fer dans les anodes de cobalt explique sans doute largement la corrosion diminuée du plaqué de cobalt, par comparaison avec le plaqué de nickel. On discute plus loin cet aspect.

Anodes laminés versus Anodes moulés.

Les anodes moulés du nickel et du cobalt se solutionnent bien plus vite que les anodes laminés. En en plaçant un certain nombre dans un bain de nickel ou de cobalt, la proportion entre les deux peut être choisie de telle façon que la composition de l'électrolyte demeure constante pendant que l'anode entre en solution. Si l'on emploie une proportion trop forte d'anodes moulés, ceux-ci se fondent trop vite et le bain peut s'alcaliniser. D'autre part, si l'on prend trop d'anodes laminés, la solution de l'anode peut ne pas se produire assez vite et le bain peut devenir acide et insuffisant en métal. La solubilité supérieure des anodes de cobalt de plusieurs des bains de placage décrits dans le présent travail, comparativement aux anodes de nickel des bains correspondants de nickel, rend possible dans le cas du cobalt une proportion plus forte en anodes laminés qu'on n'a l'habitude, actuellement d'employer avec le nickel dans l'industrie du nickelage. Cette solubilité supérieure de l'anode de cobalt est distinctement à l'avantage de ce dernier quant aux fins pratiques du placage.

CATHODES.

Les cathodes étaient en laiton, en acier et en fer dans les expériences en question, et mesuraient d'ordinaire $3\frac{1}{2}'' \times 2'' \times \frac{1}{4}''$. L'une des parois de la cathode recevait un poli accentué à l'émeri et aux roues brunisseuses, et l'on couvrait l'autre paroi d'une couche mince de vernis asphaltique.

Il est d'importance primordiale, en tout placage, d'avoir une cathode absolument douce et parfaitement nettoyée de toute poussière et de tout corps gras. Voici le procédé que nous avons suivi sur ce point. On a travaillé du laiton, de l'acier ou d'autre matière, au besoin à la dimension voulue, puis l'on a passé ce matériel à l'émeri pour lui donner le fini miroitant désiré, au moyen d'une roue polisseuse. Il restait à la surface une certaine quantité de graisse et de brunissage, qu'on a enlevés par le frottement à la solution caustique Kalye. Après l'avoir rincée à grande eau, l'on a immergé l'électrode dans l'acide chlorhydrique dilué ou dans une solution diluée de cyanure de potasse; puis un second lavage à grande eau a suivi. Le matériel était alors prêt à servir dans le bain.

En sus de cathodes à surface unie, un certain nombre ont reçu des dessins entaillés et des dépressions sur l'une des parois. Celles-ci ont été utilisées de la même façon que les cathodes à parois unies après le nettoyage et le brunissage déjà décrits.

PRÉPARATION DE SEL.

Les sulfate d'ammonium, chlorure d'ammonium, acides borique et citrique, citrate de potassium, tannin, sulfite de sodium, phosphate de sodium, tartrate d'ammonium et sulfate de magnésium qui ont servi à ces expériences étaient de la marque chimiquement pure Merck et achetés dans une maison d'approvisionnement, ainsi que les réactifs utilisés dans la préparation des sels de cobalt.

Tous les composés de cobalt utilisés dans les épreuves susdites ont été préparés au laboratoire de Queens, et la méthode de préparation de chacun est donnée ci-dessous:

SULFATE DE COBALT.

Le sulfate de cobalt utilisé dans ces expériences a été préparé par la dissolution de Co_3O_4 dans HCl, et l'addition d'un équivalent de H_2SO_4. Puis la solution a été évaporée pour chasser HCl et cristalliser $CoSO_4 \cdot 7H_2O$. Les cristaux ont été recueillis de la façon ordinaire et chauffés en présence de H_2SO_4 jusqu'à ce que les vapeurs de SO_3 disparaissent et que le sel devienne déshydraté. Ou encore les cristaux recueillis ont été recristallisés de la façon ordinaire lorsque le sel déshydraté n'a pas été recherché.

SULFATE DE COBALT-AMMONIUM.

Ce sel double a été préparé par le mélange de solutions chaudes de sulfate de cobalt et de sulfate d'ammonium contenant des proportions moléculaires de chacun des sels. Comme le sulfate de cobalt-ammonium est moins soluble que l'un ou l'autre des sels simples, on a effectué la majeure partie de la cristallisation dans la solution chaude mélangée. Les cristaux ont été recueillis puis lavés à l'alcool.

CHLORURE DE COBALT.

Le chlorure de cobalt a été préparé en dissolvant Co_3O_4 dans HCl, puis après le filtrage de l'excédant de Co_3O_4, par la cristallisation du sel et la levée et le lavage des cristaux selon le mode ordinaire.

SULFATE DE COBALT-ÉTHYL.

On a chauffé ensemble de l'alcool éthylique et de l'acide sulfurique concentré pour former un acide éthylsulfurique. On a neutralisé le tout avec du carbonate de calcium, puis l'on a cristallisé le sulfate de calcium-éthyl par l'évaporation de la solution, après le filtrage du sulfate précipité de calcium. Les cristaux ont été dissous de nouveau et le calcium précipité, comme sulfate de calcium, par l'addition d'acide sulfurique en proportion moléculaire, reformant ainsi de l'acide sulfurique-éthyl. De l'hydroxyde de cobalt nouvellement précipité à été ajouté à cet acide jusqu'à saturation. Le sulfate de cobalt-éthyl a été cristallisé par évaporation. Les cristaux ont été réunis et lavés de la manière usuelle.

SOLUBILITÉ DES SELS DE COBALT ET DE NICKEL.

La solubilité relative du sulfate de cobalt, du sulfate de nickel, du sulfate de cobalt-ammonium et du sulfate de nickel-ammonium, est importante au point de vue de la grande conductivité des solutions de cobalt, comparées aux solutions de nickel correspondantes. Cette question de solubilité revient plus tard dans la discussion de la rapidé supérieure du placage au cobalt, aussi bien qu'en considérant la concentration de la saturation de quelques-uns des bains employés, de sorte qu'un tableau succint de solubilité à température de salle est ci-contre donné.

Tableau de solubilité.

Grammes d dissous par un litre d'eau.

			Comey[1]	Kraut[2]	Notre laboratoire
$CoSO_4$	anhydre	23°C	362	380	362·2
$Ni\,SO_4$	"	"	405	379	363
$Co\,(NH_4)_2\,(SO_4)_2$	"	"	171	171	164
$Ni\,(NH_4)_2\,(SO_4)_2$	"	"	66	66	72·8

Les sels employés dans la préparation de cette solution taient: $Co\,SO_4 \cdot 7H_2O$, $NiSO_4 \cdot 7H_2O$, $CoSO_4 \cdot (NH_4)_2\,SO_4 \cdot 6H_2O$ et $Ni\,SO_4 \cdot (NH_4)_2\,SO_4 \cdot 6H_2O$.

D'après le tableau ci-dessus, il est évident que la solubilité du sulfate de cobalt et celle du sulfate de nickel ne diffèrent pas beaucoup. Ces solutions, cependant, ne se prêtent pas très bien à des solutions satisfaisantes de placage sans adjonction de divers autres composés. D'autre part, le sulfate de cobalt ammonium est approximativement deux fois et demie aussi soluble que le sulfate de nickel-ammonium. Comme la suite le démontrera par les expériences, la solution saturée de ce sulfate de cobalt-ammonium offre un bain de placage extrêmement rapide et satisfaisant.

DENSITÉS DE COURANT.

À moins d'avis contraire, les densités de courant données dans les tableaux qui doivent suivre, et de tout le texte, sont des densités de courant cathodiques, c'est-à-dire qu'elles ont été définies en divisant le courant par la surface de la cathode.

---

[1] A dictionary of Chemical Solubilities. A. M. Comey—MacMillan and Co., 1896.
[2] Gmelin—Kraut's Handbuch der anorganischen Chemie, 1909, Vol. V, Sect. 1.

L'exposé suivant donne une idée approximative de la densité du courant de l'anode, bien qu'il soit impossible de la supputer avec un certain degré d'exactitude. Au commencement de chaque expérience, l'anode était doux et avait à peu près la même surface que la cathode (voir page 8); mais à mesure que l'expérience avançait, l'anode augmentait graduellemnt en surface effective à cause de la corrosion inégale de sa paroi. À la fin de quelques-unes de ces expériences, la surface de l'anode peut même avoir atteint plus que deux fois la surface de la cathode.

Dans nos conclusions, aussi bien que dans le texte, nous parlons des densités de courant allouables aux différentes solutions, et nous recommandons certains écarts de densités de courant qui sont permis pour les meilleurs placages. Il s'agit dans chaque cas de densités de courant cathodiques, mais elles ne s'appliquent, naturellement, que si l'anode a une surface suffisante. Nous avons fait nos expériences dans des conditions que nous considérons de bonne pratique dans les ateliers: en tant qu'il s'agit de la surface d'anode, cette surface était toujours plus grande que la surface de la cathode, et souvent même la doublait.

ÉPREUVE DE VIELLISSEMENT.

Nous avons fait des expériences de vieillissement sur tous les bains de placage que nous avons considérés satisfaisants ou promettants. Ces expériences avaient pour but de définir la constance du bain, durant son usage continu pour le placage, dans une durée beaucoup plus longue qu'elle n'était nécessaire à nos expériences. La solution a été analysée quant à la teneur en cobalt, et éprouvée sur l'alcalinité et l'acidité à intervalle de quinze heures, durant un placage prolongé de cent heures ou plus, travail qui complémentait les séries de placage déjà faites dans un bain donné, et coopérant avec ce dernier pour produire les plaqués à l'étude. Les résultats de ces épreuves de viellissement sont donnés avec chaque série d'expériences.

ÉPREUVES D'EFFICACITÉ.

On a fait les épreuves d'efficacité de la façon ordinaire en pesant soigneusement la quantité de métal déposé dans un temps mesuré et en la comparant avec la quantité théorique de métal qui aurait dû déposer conformément aux lois de Faraday. Les données sur ces épreuves sont fournies pour chaque solution importante en son endroit convenable, à la suite des épreuves de placage et de vieillissement.

EXPÉRIENCES: ÉLECTRO-DÉPOSITION DU COBALT.

Nous écrivons ci-dessous les diverses solutions qui ont été utilisées dans les expériences de placage au cobalt ainsi que les données sur les expériences proprement dites de placage. Nous signalons après chaque série les conclusions qui découlent des expériences.

SÉRIE I: SOLUTIONS AU SULFATE DE COBALT-AMMONIUM.

SOLUTION I A.

Cette solution est identique à celle que recommande le docteur Langbein pour le placage au nickel, et comporte:

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	30·9 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$	26·3 "
Eau	1,000 c.c.

La quantité totale du bain préparé était de trois litres.

Le bain comprenait du sulfate de cobalt et du sulfate d'ammonium en proportions moléculaires; un retour à la page 10 prouve que ce bain est saturé à un peu plus du tiers seulement.

Comparaison des solutions de nickel et de cobalt de l'ordre de la Série I.

Quant au bain de nickel de l'ordre I A, avec espacement de 10 cms. entre les électrodes, Langbein recommande qu'une énergie électromotive de trois volts soit employée, et il ajoute que ceci donnera une densité de courant de 0·3 ampère au décimètre carré[1].

Nous voulions comparer la solution de cobalt I A avec la solution correspondante de nickel quant à leurs conductivités électriques spécifiques ou quant à l'énergie électromotive nécessaire à la production de la densité spécifique de courant passant dans chaque solution, les autres conditions étant identiques. On a fait une expérience avec la solution I A, avec laquelle on a comparé la solution de sulfate de nickel-ammonium suivante:

Sulfate de nickel NiSO........................	30·9 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2 SO_4$...............	26·3 "
Eau..	1,000 c.c.

On a constaté, en employant le courant voulu pour donner une densité de courant de 0·3 ampère au décimètre carré avec la solution de cobalt I A, que la différence potentielle était de 0·88 volt entre les électrodes. Puis avec les mêmes électrodes et le même espacement entre chacune, soit 10 cms.—la solution de nickel étant employée—la différence potentielle entre les électrodes devenait 2·1 volts. Nous avons donc ainsi l'écart considérable entre 0·88 volt et 2·1 volts, qui devient nécessaire pour donner la même densité de courant dans ces deux solutions, les autres conditions étant analogues; ceci veut dire que la solution de cobalt a une résistance spécifique électrique beaucoup inférieure à celle de la solution de nickel.

Or nous avons trouvé, dans la première série d'expériences avec le sulfate de cobalt-ammonium et le sulfate de nickel ammonium, une résultante qui s'est uniformément maintenue dans toutes nos expériences en placage, c'est-à-dire que la conductivité du cobalt était de beaucoup plus accentuée que celle du bain correspondant de nickel.

[1] Docteur Geo. Langbein, Electro-deposition of Metals, 6e édition revisée, p. 252.

Données sur les expériences en placage, solution I A.

Anodes moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage. h.	m.	Caractères de la plaque et remarques
1914				Laiton			
8 juin	0·30	2·45	46	27·3	2	30	Couche assez brillante et dure, mais grêlée au fond.
8 juin	0·30	2·75	45	27·3	1	0	Couche de nuance gris clair et plutôt grêlée au fond.
22 juin	0·30	0·75	10	27·3	2	0	Plaque brillante et unie, mais sans lustre.
25 juin	0·45	0·83	10	27·3	4	0	Plaque métallique lustrée épaisse, légèrement grêlée.
27 juin	0·50	0·80	10	27·3	3	0	Plaque métallique et lustrée, mais rayée et tachée.
24 juin	0·60	1·06	10	27·3	2	0	Couche métallique uniforme, mais sans lustre.
25 juin	0·80	1·27	10	27·3	3	0	Plaque uniforme, métallique et lustrée.
27 juin	0·90	2·03	20	27·3	1	30	Plaque brillante et unie sauf le fond, qui était rude, mais non brulé.
26 juin	1·0	1·52	10	27·3	1	30	Plaque uniforme sauf aux angles inférieurs qui étaient brûlés. Nuance mate.
30 juin	1·0	2·25	20	27·3	1	30	Plaque uniforme et extrêmement brillante, donnant une surface très satisfaisante après polissage.
3 juillet	1·0	2·45	20	27·3	2	30	Plaque uniforme brillante sauf aux bords qui semblaient légèrement brulés. La solution avai bouilli immédiatement avant cette épreuve.
23 juillet	1·25	2·00	10	27·3	1	15	Couche sombre et fortement brulée aux bords de la cathode, brillante au centre.
23 juillet	1·50	2·10	10	27·3	1	15	Même que ci-dessus, mais brûlures plus accentuées.
Anodes Laminés.							
17 juillet	0·50	0·83	10	Zinc 30·1	1	0	Plaque indiquant une surface très rude, différant de tout résultat au laiton ou l'acier. Semble au microscope re déposé en petites masses irrégulières insusceptibles de polissage.
16 juillet	0·80	2·0	10	Laiton 37·0	1	0	Plaque exceptionnellement bonne, blanche uniforme.
17 juillet	1·0	2·0	17	Laiton 37·0	1	0	Plaque légèrement brulée aux bords supérieurs.
17 juillet	1·0	2·75	17	Laiton. 37·1	1	0	Plaque nette, unie, brillante en sortant du bain, mais s'écaille toutefois sur chauffement de quelques instants dans l'eau bouillante.

Épreuve de vieillissement, solution I A.

	Grammes de cobalt en solution de 100 c.c.	Acidité de la solution.
Solution, à la fin des expériences ci-dessus, 26 août 1914, après 31 heures de placage, tel qu'indiqué..........................	0·94	Neutre
La même après 46 heures de placage..........	0·94	"
" " 61 " "	0·95	"
Après 76 heures de placage la solution a été légèrement diluée au volume primitif pour compenser l'évaporation................	0·94	"
Après 87 heures de placage................	0·96	"
" 102 " "	0·97	"
" 117 " "	0·99	"

La densité de courant était de 0·60 ampères par décimètre carré durant les dernières 90 heures du placage.

Il est donc clair que cette solution ne change pas rapidement et que l'anode se dissout satisfaisamment. On explique par l'évaporation la légère augmentation de concentration.

Des résultats tout-à-fait semblables se sont produits avec les cathodes de fer d'acier au lieu des cathodes de laiton.

On n'a pas cru que la solution I A était assez importante pour justifier une série d'expériences comparatives avec le bain parallèle au nickel.

SOLUTION I B.

Cette solution est presque une solution saturée de sulfate de cobalt-ammonium: elle a été faite par la dissolution de 200 grammes de $CoSO_4$ $(NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$ au litre d'eau, ce qui équivaut à 145 grammes de $CoSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4$ au litre d'eau.

On n'a ajouté aucun réactif à cette solution après facture, soit pour maintenir sa neutralité soit pour d'autres fins.

Gravité spécifique = 1·053 à 15° C.

Données sur les expériences en placage, solution I B.

Anodes Moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques
					h.	m.	
1914 17 juillet	0·75	1·0	17	Laiton 37·1	1	30	Plaque brillante uniforme glacée exigeant peu de brunissage pour donner une surface satisfaisante.
17 juillet	1·0	1·5	19	Laiton 37·1	1	30	Même que ci-dessus.
21 juillet	1·0	1·5	24	Laiton, avec encoches pour donner fonds et sommets. 23·7	1	0	Bonne plaque unie et brillante sur toute la surface. Lorsque le cobaltage a été dissous à l'acide nitrique, les entailles ont les premières perdu leur placage, accusant une couche moindre en ces endroits que dans les endroits plus élevés.
3 Août	1·0	1·70	19	Laiton 23·7	2	0	Plaque très satisfaisante, dure, brillante et de brunissage facile.
18 juillet	1·2	1·95	19	Laiton 37·1	1	0	Plaque brillante uniforme et glacée exigeant peu de brunissage pour donner une surface satisfaisante.
22 juillet	1·2	1·7	24	Laiton, avec encoches pour donner fonds et sommets. 23·7	1	0	Belle plaque unie sur toute la surface. Les fonds et sommets uniformément couchés.
22 juillet	1·5	2·05	24	ibid.	2	0	Cette plaque était très unie et brillante au sortir du bain, et prenait un beau fini après un [illegible]unissage. Fonds et sommets d'épaisseur uniforme. Épaisseur de la couche: 0·062 mms.
30 juillet	1·5	1·20	10	Couteau en acier poli. 37·1	1	30	Couche brillante, unie, uniforme et satisfaisante.
5 août	1·50	2·1	16		1	30	Plaque belle, brillante, unie, prenant facilement la surface miroitante.
22 juillet	1·7	2·4	24	Laiton, avec encoches pour donner fonds et sommets. 23·7	1	15	Cette plaque était très unie et brillante au sortir du bain et prenait, un beau fini après un léger brunissage. Épaisseur uniforme dans les fonds et sommets.

Anodes Moulés.—Suite.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage		Caractère de la plaque et remarques
23 juillet	1·8	2·55	24	ibid.	2	45	Même chose
24 juillet	2·0	2·85	24	Même aire 28·0	2	15	Belle plaque blanche, dure, lustrée, obtenue sans vestige de brûlure ou d'écaillement
28 juillet	2·2	3·45	24	Même aire 27·3	1	40	Même chose
28 juillet	2·5	3·75	24	25·0	2	45	Plaque très unie, égale, dure, blanche, prenant un beau fini après léger brunissage
28 juillet	2·7	2·25	23	22·2	1	15	Même chose. Pas de vestige de brûlure.
31 juillet	3·5	3·0	22	Laiton avec encoches pour donner fonds et sommets. 20·0	1	30	Plaque très unie, égale, dure, blanche, prenant un beau fini satisfaisant après brunissage léger. Nul vestige de brûlé.
31 juillet	4·0	2·9	20	ibid. 18	1	0	Même chose
4 août	4·5	4·9	20	Laiton 27·5	1	30	Plaque assez uniforme et brillante, mais noircie aux bords. Commence à écailler à l'un des angles
3 août	4·5	3·0	10	Laiton 27·5	1	30	Plaque semblable à la dernière, avec léger vestige de brûle, mais sans écaillement.
3 août	4·5	2·95	10	Laiton 27·5	1	0	Plaque semblable aux pré[illegible]dentes, mais brûlé moins appar[illegible]. Se brunissait bien, mais éta[illegible]n peu grêlée à cause des bulles [illegible]az

Anodes Laminés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage		Caractère de la plaque et remarques
1914 1 sept.	0·39	0·44	10	Laiton 26·2	2	0	Plaque unie, égale, blanche, brunissant facilement au miroitement
31 août	0·61	0·55	10	Laiton 26·7	2	0	Même chose.
5 août	1·0	1·6	16	Laiton 37·0	24	0	La plaque très brillante et métallique au sortir, mais fendue en un endroit, la couche pouvant facilement s'enlever de la cathode de laiton. Épaisseur de couche: 0·34 mm au bord, 0·24 mm au centre.
2 sept.	1·0	0·77	10	Laiton 27·0	1	0	Plaque unie, égale, blanche, brunissant facilement au miroitement
4 août	1·5	2·2	16	Laiton 37	16	0	Belle couche brillante unie, commençant à quitter la cathode à l'un des angles.
14 sept.	2·0	1·30	10	Laiton 26·5	0	45	Couche très égale, unie, ayant bon lustre au polissage.
15 sept.	3·0	1·32	10	Laiton 20·0	0	20	Couche blanche, bon lustre au polissage, un peu rugueuse au fond, y montrant une déposition plus forte, aussi de petits sillons venant des rayures de gaz.
14 sept.	4·0	1·35	10	Laiton 11·7	0	15	Couche blanche splendide, mais faiblement craquée en un endroit.
15 sept.	4·0	1·35	10	Laiton 11·7	0	25	Bonne couche blanche, mais rugueuse au fond y indiquant une déposition plus forte, aussi de faibles sillons venant des striures de gaz.
4 août	4·25	4·25	20	Laiton 27	1	15	Brulée, mais pas autant qu'à la densité de courant de 4·5 ampères.
4 août	4·5	4·60	18	27	1	0	Couches brûlées aux bords.

On a imposé à plusieurs des plaques ci-dessus une dure épreuve de courbure pour juger de leur qualité d'adhérence. Dans chaque cas les couches sont restées attachées à la cathode après plissement avant et arrière à un angle de près de 180 degrés, d'une façon égale sinon supérieure à l'adhérence des meilleures couches de nickel qui nous soient familières et soumises à une épreuve semblable. Même après que la surface de la base de métal eut commencé à se briser, la couche de cobalt persista à couvrir les dépressions et les éminences.

Données supplémentaires sur les expériences en placage, solution de cobalt I B.

Expériences faites aux ateliers de placage de la Russell Motor Car Co. Plating Plant.

Solution: 5 liv. de sels, 6 gals d'eau, Grav. Spéc. 1·050 acidité, neutre.

Date.	Dens. de Cour. en amp. par déc. carré.	Energie électro-motive en volts.	Espacement d'électrodes en pouces.	Aire de cathode en pcs carrés.	Durée du placage.	Aire d'anode en pcs carrés.	Remarques.
10 sept.	8·6	3·75	5	Acier 15	h. m. 0 ½	28	Noircit en trente secondes.
10 sept.	3·4	3·25	5	Acier 45	0 40	56	Mauvaise couche, facilement brunie, mais accusant des ampoules étroites, et longues par endroits petits trous d'épingle. Légèrement brûlée aux extrémités inférieures.
11 sept.	2·3	1·25	5	Calotte de moyeu en laiton 15	0 5	28	Couche lente, tachetée, striée, très sombre.
11 sept.	4·3	2·0	5	ibid. 15	0 5	90	Déposition rapide. Plaque tachetée, inégale. Cathode incouverte à la fin de l'épreuve.
12 sept.	3·9	2·5	5	ibid. 15	0 5	90	Même chose.
12 sept.	3·3	3	5	Acier 10	0 30	28	Bonne couche adhérente, ferme. Très dure et unie. Couleur semblable au nickel avant le polissage. Coloration facile et prenant un fini légèrement bleuâtre.
12 sept.	3·5	2·75	5	Acier 36	0 15	90	N'a pas couvert. Couche très dure, cassante striée.
12 sept.	3·3	3	5	Laiton 15	0 50	28	Bonne coloration. Taches poreuses dans le moulage refusant de se couvrir aux bords. Les indentations de la cathode non couvertes. Tache nue sous la corde de suspension.
14 sept.	3·0	2·5	5	Laiton 15	1 0	28	Frappons la pièce au nickel pendant trente secondes. Le cobaltage commence alors uniformément et facilement. Coloration rapidement assombrie, imparfaite par endroits, rude et striée.
14 sept.	3·0	2·5	5	Acier 12	0 15	28	Dépressions de la pièce non couverte.
14 sept.	2·3	2	5	Acier 4	0 5	14	Couche écaillée et fendillée. Dépressions non couvertes.
14 sept.	3·0	2·5	5	Acier 12	0 15	28	(Solution quelque peu alcalinisée) Mauvais écaillement. Plusieurs épreuves donnent le même résultat.

Suite

Date	Dens de. Cour. en amp. par déc. carré.	Energie électro-motive en volts.	Espacement d'électrodes en pouces.	Aire de cathode en pcs carrés	Durée du placage	Aire d'anode en pcs carrés	Remarques
			(Solution	quelque	peu acidulée)		
15 sept.	1·6	1·8	5	Acier 40	0 15	42	Coloration très sombre; couche autrement bonne. Brunissage facile, sans traversement.
15 sept.	1·0	1·5	5	Acier 40	0 5	42	Coloration très sombre. Bruni à bon fini.
15 sept.	2·3	1·5	5	Acier 36	1 0	42	Surface couverte instantanément et en bon état. Gaz mieux libérés qu'antérieurement, mais sans indication de trous d'épingle ou de stries. Coloration très sombre rappelant le dépôt brulé de nickel. Aspect velouté au séchage. Doux au toucher, facilement bruni sur roue douce.
15 sept.	3·0	2	5	Laiton 45	h. m. 0 30	56	Très sombre. Surface couverte de minuscules ampoules ou grêles, disparaissant au brunissage. Couverture rapide et complète de la surface. Coloration satisfaisante après brunissage
15 sept.	3·0	2	5	Acier 40	0 30	56	Très sombre, brunissant facilement et à bon fini. Couche très dure, supérieure à celle d'une heure en nickel de Prométhée.
16 sept.	..	.	..	..		..	Épreuves faites durant les dix jours suivants ont donné des plaques identiques, puis l'on a ajouté au bain six livres de sels de cobalt. Grav. Spéc. 12° Be. Nulle autre addition n'est faite. Légèrement acide. Après épreuve de vieillissement la solution était virtuellement neutre
28 sept.	2·1	1·75	5	Acier 36	0 25	42	Surface bien couverte; gaz moins libre qu'antérieurement; couche gâtée par tache circulaire sur toute la longueur et largeur de la cathode. Coloration plus sombre que celle du nickel; granulation dure et fine
29 sept.	3·9	2	8	Laiton 12	0 5	28	Surface splendidement recouverte; coloration excellente; resiste à un brunissage très rigoureux; mais n'exige qu'un faible traitement de fini. Résultat fort satisfaisant.
							Solution électrolysée durant 32 heures au courant moyen de 10 ampères à 2 volts 90 pouces carrés de surface d'anode. Adjonction de 24 gouttes d'ammoniaque liquide. Température, 70° Fahr. Grav. Spéc. 1·085. Anode recouverte au repos d'une pellicule brun-rougeâtre. Les sels rampent aux crochets et demeurent humides. Solution neutre. Léger sédiment au fond de la cuvette.
3 Oct.	2·8	2	5	Acier 28	24 0	90	Couche adhérante, unie, dure. Nul vestige de lézardes ou de brulé. Épaisseur d'environ 1/32 de pouce.
3 Oct.	3·7	2·25	5	Tube d'acier 18	2 0	56	Couche unie, blanche, dure. Tube étiré du diamètre de 1" à ¾" sans avarie à la couche.
3 Oct.	4·0	2·25	5	Laiton 24	0 10	56	Parties égales nickelées et cobaltées durant une heure. Les deux couches brunies du même coup. Des épreuves répétées traversent le nickel avant le cobalt. Le cobalt n'a dans aucun cas montré le laiton. Épreuve très probante.

Suit

Date	Dens. de Cour. en amp. par déc. carré.	Energie électromotive en volts.	Espacement d'électrodes en pouces	Aire de cathode en pds carrés	Durée du placage.	Aire d'anode en pds carrés	Remarques
8 Oct.	3·7	2	5	Laiton 12	0 15	28	Couche de bonne coloration, brunissant facilement en fini splendide; la courbure, le martèlement et la torsion n'ont pas du tout craquelé ou dégagé la couche.
8 oct.	4·2	3·5	8	Feuille d'acier 72	1 0	90	La cathode comportait six pièces bouclées à l'acier au bâti de fil de fer. Couche bien colorée, unie, dure; ne craque pas à la torsion ou au plissement. Se brunit à un excellent fini.
14 oct.	4·5	4	8	Acier 72	1 0	90	La couche commence à une densité de courant de 30 amps par pied carré qu'on augmente graduellement à 42 amps. Après dix minutes d'épreuve à cette densité de courant, la couche commence à indiquer des signes d'assombrissement. Cet aspect n'a pas toutefois été jugé sérieux avant l'expiration de 20 mins. Toute la surface se finit facilement au brunisseur doux. Bien que la couche ne fut pas très bonne au sens industriel, l'efficacité remarquable du bain a été démontrée.
15 oct.	5·2	4·5	8	acier 72	h. m. 1 0	90	Même cathode que dans le dernier essai, disposée différemment dans le bâti. Couche grise mais non brulée, adhérente, dure, unie, ne casse pas au plissement, brunit facilement à bon fini.
16 oct.	5·2	4·5	8	acier 12	1 0	14	Cette cathode comportait une pièce de moulage de poêle. Couche d'un seul côté, d'une coloration superbe sur toute la surface le fond étant presque aussi blanc que le nickelage moyen. Au brunissage, on ne pouvait pas différencier entre cette couche et une pièce nickelée, sauf par notre connaissance de ce fait.
31 oct.	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	. . .	Densité de courant jusqu'à 6·3 amps par déc. carré imposée dans plusieurs épreuves, mais les résultats ne méritaient pas d'être consignes. A cette date la solution accusait une grande efficacité sous tous rapports.

Note.—Pour transformer les ampères par décimètre carré en ampères par pied carré, multipliez par 9·3.

Épreuve de vieillissement, solution I B.

	Grammes de cobalt dans solution de 100 c.c.	Acidité de la solution
Solution, à la fin des expériences ci-dessus, 26 août 1914, après 80 heures de placage tel qu'indiqué..........	2·54	Neutre
La même après 95 heures de placage........	2·58	"
" " 110 " "	2·52	"
" " 125 " "	2·55	"
Solution légèrement diluée au volume primitif pour compenser l'évaporation...........		
La même après 140 heures de placage.........	2·58	"
" " 155 " "	2·60	"
" " 170 " "	2·62	"

La densité de courant était de 3·0 à 3·5 ampères par décimètre carré durant les dernières 90 heures de placage avec cette solution. La surface de cathode était de 34·0 centimètres carrés.

La solution est neutre pour le papier litmus, mais légèrement alcaline, comme l'indique le titrage à $\frac{N}{10}$ HCl et l'indicateur litmus. La solution demeure absolument constante et l'anode de cobalt se dissout de façon satisfaisante.

Efficacité de courant, solution d'épreuve I B.

Épreuve N° 1.

Densité de courant, approximative	1·0 amp. par déc. car.
Cathode—laiton, asphalte au dos—surface	29·2 cms. carrés.
Durée d'épreuve	1 h. 0 m.
Courant moyen dans le bain	0·300 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·331 grammes
Poids de cathode avant placage	55·213 "
" " après "	55·536 "
Cobalt déposé	0·323 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot323}{0\cdot331} = 97\cdot7\%$$

Épreuve N° 2.

Densité approximative de courant	1·0 amp. au déc. car.
Cathode—laiton poli des deux côtés	47·4 cms. car.
Duré de l'épreuve	1 h. 0 min.
Courant moyen dans le bain	·475 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·523 grammes
Poids de cathode avant placage	54·7641 "
" " après "	55·2774 "
Cobalt déposé	0·5133 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot513}{0\cdot523} = 98\cdot2\%$$

Épreuve N° 3.

Densité approximative de courant	3·0 amp. au déc. car.
Cathode—laiton, surface de	29·5 cms. car.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·907 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·996 grammes.
Poids de cathode avant placage	69·279 "
" " après "	70·190 "
Cobalt déposé	0·911 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot911}{0\cdot996} = 91\cdot5\%$$

Épreuve No 4.

Densité approximative de courant	3·0 amp. au déc. car.
Cathode—laiton poli des deux côtés	20·0 cms. car.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·599 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·659 grammes.
Poids de cathode avant placage	19·3182 "
" " après "	19·9234 "
Cobalt déposé	0·5952 "

EFFICACITÉ DE COURANT $\frac{0\cdot595}{0\cdot659} = 90\cdot3\%$

Épreuve No 5.

Densité approximative du courant	3·0 amp. au déc. car.
Cathode—laiton poli des deux côtés—surface de	20·0 cms. car.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·598 amp. au déc. car.
Poids théorique du cobalt déposé	0·659 grammes.
Poids de cathode avant placage	20·2194 "
" " après "	20·8100 "
Cobalt déposé	0·5906 "

EFFICACITÉ DE COURANT $\frac{0\cdot591}{0\cdot659} = 89.7\%$

Les données sur les expériences faites avec la solution I B indiquent que cette solution se fait remarquer par l'extrême densité de courant à laquelle on peut obtenir des placages satisfaisants. Nous ne trouvons aucun cas où le nickellage se soit fait aussi rapidement, sauf dans des conditions spéciales comme l'usage de cathodes tournantes. Les épreuves industrielles (voir page 73) indiquent même qu'on peut employer de plus grandes vitesses avec cette solution dans les conditions ordinaires du placage.

On reconnaît assez bien qu'il faudrait baser sur une plus haute concentration de l'ion de nickel dans la solution tout perfectionnement de la composition chimique des solutions de placage au nickel.

Les inventeurs des sels de Prométhée, des persels et des autres sels des solutions concentrées de nickel y pensaient sans doute. Ces bains nouveaux sont d'invention plutôt récente, et les opinions diffèrent beaucoup quant aux mérites des solutions.

Le plaqueur de métier sait qu'il peut donner à son bain de placage douze onces du sel double de nickel par gallon d'eau en été et environ neuf onces de ce même sel au gallon en hiver, sans danger de cristallisation fréquente. En prenant le chiffre supérieur, nous avons un bain équivalant à 80 grammes $(NH_4)\ SO_4 \cdot NiSO_4 \cdot 6H_2O$ par litre. Cette solution contient approximativement 1·5 pour cent de nickel métallique. D'autre part, en utilisant les sels de Prométhée comme on les achète, on peut en dissoudre jusqu'à deux livres au gallon d'eau sans danger de cristallisation en été. Or comme ce sel de Prométhée contient environ 28 p.c. de $NiSO_4$, le bain

comportera environ 2·6 pour cent de nickel métallique en solution. L'augmentation considérable de la valeur en métal de ce dernier bain explique la vitesse supérieure à laquelle le placage peut s'y faire.

Si l'on compare la solution de cobalt n° I B avec celle-ci, on remarque qu'elle contient 200 grammes de $CoSO_4 \cdot (NH_4)_2 SO_4 \cdot 6H_2O$ au litre, de sorte que sa concentration en cobalt métallique est d'environ 3·0 pour cent. Nous pourrions donc prévoir que cette solution de placage soit très rapide, plus rapide que nous ne trouvons l'autre; et elle aurait l'avantage d'être indemne de sulfate de magnésium, d'acide borique et d'autres composants semblables, qui sont des composants très considérables et très nécessaires de toutes les solutions concentrées de placage rapide au nickel. De plus, nous trouvons que toutes les solutions de ce genre rendent le bain de cobalt bien plus rapide pour le placage que le bain de nickel, en prenant les deux à la même concentration. Des expériences faites dans les conditions de la pratique actuelle en placage démontrent que cette solution I B était capable de cobalter de façon satisfaisante plusieurs fois plus vite que les sels de Prométhée ne pouvaient nickeler. (Voir page 73.) Cette comparaison recherchait pour chacune la meilleure condition que connaissait le plaqueur de métier qui avait charge de l'établissement de placage en question, et pour nous le résultat de toutes nos expériences.

SOLUTION I C.

Cette solution contient du sulfate de cobalt et du sulfate d'ammonium en proportions moléculaires; c'est l'intermédiaire entre I A et I B dans la concentration.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	40 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2 SO_4$	34 "
Eau	1,000 c.c.
Bain total 2·5 litres.	

Données sur les expériences en placage solution I C.

Une série d'expériences en placage ont débuté le 5 mai 1913 au moyen de ce bain. L'énergie électromotive traversant l'électrode a été progressivement augmentée de sorte qu'une série de plaqués ont été obtenus à des densités de courant variant de 0·30 à 1·25 ampères par décimètre carré, dans la manière indiquée dans les tableaux de données sur les solutions I A et I B. La solution I C est intermédiaire en concentration entre I A et I B, et ses propriétés, quant à la déposition de sa valeur métallique, nous ont paru être correspondamment intermédiaires entre les deux solutions. Elle n'est pas aussi rapide ni aussi satisfaisante que I B.

CONCLUSIONS.

(1) Les placages de cobalt venant de ces solutions de cobalt-ammonium sont, sur le laiton ou le fer, fermes, adhérents, durs et uniformes et peuvent fort bien prendre un fini satisfaisant au brunissage. Ils prennent un poli très fin avec beau lustre qui, tout en étant brillamment blanc, possède une teinte légèrement bleuâtre.

(2) La conductivité spécifique électrique de ces solutions de sulfate de cobalt-ammonium est bien plus accentuée que celle des solutions correspondantes de nickel.

(3) Tous ces cobaltages compris dans la portée de la densité des courants qu'on dit satisfaisante sont aussi doux, adhérents et acceptables sous tous rapports que les meilleurs nickelages.

(4) La solution I A ne se prête pas à un placage aussi extrêmem rapide que la solution I B, mais elle peut donner des couches satisfaisan à des densités de courant allant jusqu'à 0·80 ampère au décimètre carré.

(5) La solution I A peut être utilisée à des densités de courant pl élevées que pour la solution correspondante de nickel pour laquelle Langb recommande une densité de courant de 0·30 ampère au décimètre car

(6) La Solution I A ne change pas de façon appréciable en teneur cobalt ou en acidité lorsqu'elle sert pendant de longue durées de tem aux densités recommandées de courant.

(7) La solution I B, qui est presque une solution saturée de $CoSO$ $(NH_4)_2 \cdot SO_4$, contenant 200 grammes de $CoSO_4 (NH_4)_2 SO_4 \cdot$ [illegible] d'eau, donne des dépôts satisfaisants de cobalt à toutes les [illegible]sités de c[illegible] rant jusqu'au 4 ampères au décimètre carré, ce qui équivaut [illegible] 37·2 ampèr au pied carré. Ce placage très rapide a été fait dans les cond[illegible] ordinair de la pratique en placage.

(8) Nul bain de nickel n'opère dans le procédé pratique [illegible] placage industriel avec une haute densité de courant comparable à celle de solution de cobalt I B. À parler plus proprement, la densité utilisable courant avec laquelle on peut obtenir un placage adhérent, ferme, dou blanc et dur par la solution I B, sans apparence de grêle ou de pelade et q cependant peut être facilement et satisfaisamment fini, est quatre fo supérieure à celle qui peut donner les mêmes résultats dans les solution industrielles les plus rapides du nickel.

(9) Les solutions I A et I B peuvent servir au placage des surface ordinaires, laiton, fer et acier compris. Il n'est pas nécessaire d'avoir un couche préliminaire de cuivre dans le placage du fer et de l'acier avec ce bains.

(10) Les solutions I A et I B peuvent être employées avec une fort proportion d'anodes laminés sans devenir acides ou faibles en métal.

(11) Lorsqu'elle est longtemps employée à la haute densité de couran recommandée, la solution I B ne change pas de façon appréciable sa teneu en cobalt ou son acidité.

(12) L'efficacité de courant de la solution I B est extrêmement forte une densité de courant de 1 ampère au décimètre carré. La moyenne de no mesurages, qui concordent bien ensemble, a donné une valeur de 98·0 pou 100. L'efficacité de courant de la solution I B atteint même 3 ampères a décimètre carré, comme cela se produit dans les meilleures solutions d nickel employées dans la pratique du nickelage avec des densités de courant bien inférieures. La moyenne de trois mesurages d'efficacité de courant concordant étroitement était de 90·5 pour 100, pour la solution I B à 3 ampères au décimètre carré.

(13) La solution I C est l'intermédiaire en concentration entre I A e I B, et ses propriétés, quant à la rapidité et à la qualité des placages qu'ell donne, sont correspondamment intermédiaires. Elles n'est pas aussi rapide ou satisfaisante que la solution I B à de hautes densités de courant.

(14) La solution I B, utilisée avec une légère alcalinité donne des placages grisâtres qui se pèlent, se grêlent et se clochent. La solution, utilisée acide, donne des placages qui tout en étant assez adhérents, fermes et doux, sont capricieux et sombres.

Ce bain devrait être employé neutre, car ces placages sont adhérents, fermes, doux, blancs, durs et cependant se polissent facilement.

(15) La solution I B exige peu de vieillissement, si elle en exige, pour être en état, mais donne des résultats satisfaisants presque aux débuts.

(16) La puissance de "jet" de la solution I B est remarquablement satisfaisante.

(17) Les anodes de la solution I B sont remarquablement libres de toute couche semblable à celle qui caractérise les anodes de nickel.

La solution I B accuse tant de qualités supérieures qu'il semble utile de la développer plus amplement et de l'étudier plus particulièrement au point de vue des conditions industrielles. Il est question de cette tâche dans un paragraphe prochain ayant pour titre "Épreuves industrielles avec la solution I B. (Voir page 70 et seq.).

SÉRIE 2: SOLUTIONS AU SULFATE DE COBALT-AMMONIUM AVEC EXCÉDANT DE SULFATE D'AMMONIUM.

SOLUTION II.

Cette solution a été préparée en vue d'augmenter la conductivité par l'addition d'une quantité relativement plus forte de sulfate d'ammonium. Ce bain diffère de celui de la Série I en ce que le $CoSO_4$ et le $(NH_4)_2\,SO_4$ ne sont pas en proportions moléculaires.

La solution II comportait:

Sulfate de cobalt $CoSO_4$.................... 16·7 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2\,SO_4$............. 56·7 "
Eau.......................................1000 c.c.

S'il semblait trop acide, on neutralisait ce bain à l'ammoniaque. Cette solution a été bouillie pendant la préparation et avant l'usage.

Elle n'est pas tout-à-fait saturée en sulfate de cobalt-ammonium.

Données sur les expériences en placage, solution II.

Anodes Moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage. h.	m.	Caractère de la plaque et remarques.
1914 18 sept.	0·31	0·91	10	Laiton 39·4	1	15	Bonne couche égale, unie, blanche, n'exigeant qu'un faible brunissage pour prendre un bon fini.
18 sept.	0·56	1·18	10	Laiton 33·6	1	15	Bonne couche blanche uniforme avant bon lustre au fini.
18 sept.	0·60	1·25	10	33·6	0	45	Même chose.
18 sept.	0·75	1·35	10	Laiton 38·7	0	45	Même chose.
24 sept.	0·90	1·27	10	38·7	4	0	Couche claire également déposée, sans lustre.
25 sept.	1·0	1·30	10	38·7	3	0	Couche unie et claire, un peu tachetée.
27 sept.	1·0	1·55	10	38·7	3	0	Cette épreuve suit immédiatement une canotée à la densité de courant de 1·4. Après celle-la le bain paraissait un peu trop acide et était neutralisé à l'ammoniaque et légèrement acidé à l'acide borique. Couche sombre claire au brunissage
29 sept.	1·0	2·10	20	Laiton 38·7	2	0	Couche sombre, mais se polit brillamment.
29 juin	1·0	2·10	20	27·3	2	0	Couche sombre, mais donnant au brunissage une surface brillante satisfaisante.
2 juillet	1·0	1·4	10	27·3	2	0	Couche très brûlée sur toute sa surface.
3 juillet	1·0	1·95	20	27·3	2	0	Couche très noire à surface rugueuse granulée au sortir de la solution. Brulée aux côtés et au fond.
13 juillet	1·0	2·05	15	39·3	2	0	Très mauvaise couche, noire, et difficilement polie.
14 juillet	1·0	2·05	15		1	30	Couche très mauvaise, noire et granuleuse.
15 juillet	1·0	1·42	15		1	30	Bain agité par les bulles d'air qui le traversent. Couche sans dureté, brulée aux côtés, généralement mauvaise.
26 juin	1·4	1·95	10	27·3	3	0	Couche sombre et très brulée.

La solution II ne donne pas de bons résultats audelà de 0·90 ampères par décimètre carré.

La solution employée dans la série précédente d'expériences s'est montrée mauvaise tant qu'elle n'a pas été bouillie. La solution non bouillie donnait des couches très mauvaises et sombres à la densité de courant variant de 0·30 ampères à 0·62 ampères par décimètre carré. Elle n'a pas semblé assez importante pour justifier une série d'épreuves avec les anodes laminés, ou des épreuves de vieillissement et d'efficacité.

Conclusions.

(1) Les couches de cobalt venant de cette solution de sulfate de cobalt et de sulfate d'ammonium et portant un excédant de sulfate d'ammonium, sont sur le laiton et le fer, fermes, adhérentes, dures et uniformes, et peuvent facilement se brunir à une surface satisfaisamment polie, dans la sphère étroite qu'on recommande à leurs fins propres. Elles prennent un poli très accentué, un lustre magnifique, qui tout en étant brillamment blanc, accuse une nuance légèrement bleuâtre.

(2) La conductivité électrique spécifique de la solution II est de beaucoup plus forte que celle de la solution du nickel correspondante.

(3) La solution II n'est pas une solution rapide de placage et ne peut servir qu'à des densités de courant atteignant environ 0·90 ampères au décimètre carré. Ce bain n'est pas tout-à-fait aussi rapide et satisfaisant que les autres qui ont été décrits.

(4) La solution II est identique à une solution proposée par Langbein pour le nickelage, et dont il dit que le dépôt de nickel s'empile, surtout dans les parties inférieures de l'objet. C'est-à-dire que la partie inférieure de la cathode devient mate, brulée ou surnickelée. Ceci se produit si la solution de nickel a une densité de courant d'environ 0·35 ampères au décimètre carré; la solution de cobalt marque donc un perfectionnement très grand, quant à la vitesse de la solution parallèle de nickel.

(5) Il faut des les débuts bouillir la solution II pour obtenir de bonnes couches, car autrement les plaqués sont sombres même à une densité basse de courant.

(6) Après un service de quelques heures, la solut[illegible] II accuse des tendances à l'acidité. On peut neutraliser cette acidi[illegible] [illegible]mmoniaque et réacidifier à l'acide borique pour obtenir des couc[illegible] [illegible]sfaisantes. Mais la plaque n'est pas tout-à-fait aussi satisfaisante q[illegible] [illegible]s autres qui ont été décrites à cause de ce caractère et des autres qui sont signalés. Elle ne se suffit pas à elle-même.

Série 3: Sulfate de Cobalt-ammonium avec excès de sulfate d'ammonium, et acide citrique.

SOLUTION III A.

Un bain qui jadis était très employé dans le nickelage est préparé par le bouillage de 34·5 grammes de sulfate de nickel, avec 50·3 [illegible]mmes de sulfate d'ammonium; puis l'on ajoute 4·2. grammes d'acide citrique au litre d'eau. Parallèlement à cette solution, la solution III A a été préparée comme suit:

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	34·5 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$	50·3 "
Acide citrique	4·2 "
Eau	1000 c.c.

Quand nous avons constaté que la solution III A n'était pas satisfaisante, on a jouté 1·7 gramme de sulfite de sodium au litre. Cette dernière solution est la III B. La quantité totale du bain préparé était de trois litres.

On n'a ajouté aucun réactif au cours des expériences faites avec ces solutions pour neutraliser ces dernières ou à d'autres fins.

Données sur les expériences en placage, solution III A.

Anodes moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les amperes par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage. h.	Durée du placage. m.	Caractère de la plaque et remarques
10 juin	0·20	1·5	10	Laiton 27·3	1	30	Couche uniforme mais très sombre susceptible d'un poli brillant au brunissage. Plaque noire mais unie
25 juin	0·50	1·25	10	27·3	3	0	Couche légèrement sombre au sortir du bain, se brunissant à une surface belle, brillante, nette.
29 juin	0·50	1·39	20	27·3	1	0	Couche écailleuse, se pelant facilement dissatisfaisante.
30 juin	0·80	2·13	20	27·3	1	30	Couche uniformément noire et mauvaise.
25 juin	1·0	2·35	10	27·3	1	30	On n'a pas cru que ce bain était assez important pour justifier une série d'expériences avec les anodes laminés

SOLUTION III B.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	34·5 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2\,SO_4$	50·3 "
Acide citrique	4·2 "
Sulfite de sodium Na_2SO_3	1·7 "
Eau	1000 c.c
Bain total	3 litres.

Données sur les expériences en placage à la solution III B.

Anodes mou.

Date de l'expérience	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques
20 juillet	0·30	1·06	10	Acier 60·0	1	15	Couche satisfaisante et adhérente.
10 juillet	0·30	0·65	15	Laiton 27·3	2	0	Couche très unie, dure, se brunissan à un fini clair d'un blanc argenté.
20 juillet	0·40	1·0	10	Acier 60·0	1	15	Couche satisfaisante, unie, adhérent
27 juillet	0·40	1·0	10	Laiton 31·5	2	30	Couche uniforme unie, de coloratio légèrement sombre qui se pelait au bords après la sortie du bain.
30 juin	0·50	1·25	20	Laiton 27·3	1	30	Couche claire, dure, de bonne colora tion après le polissage. Aucun ve tige de grêle.
3 juillet	0·50	0·86		Laiton 27·3	1	30	Couche extrêmement claire et un indemne de toute paille, donnant un belle surface au brunissage.
3 août	0·80	0·96	10	Laiton 39·3	2	0	Couche très blanche, uniforme, sati faisante sauf un léger écaillage su l'un des bords.
11 juillet	[illegible]	1·35	15	Laiton 27·3	1	30	Couche très unie et égale donnan bonne surface au brunissage.
13 juillet	1·0	1·65	15	27·3	1	30	Couche écaillée. Dissatisfaisante.
2 juillet	1·0	2·07	20	27·3	3	0	Couche nette, dure, uniforme, donnan belle surface au brunissage.
26 juin	1·36	1·86	10	Laiton 31·5	3	0	Couche unie, uniforme, mais de colora tion sombre.
26 juin	1·7	2·1	10	24	1	30	Couche mauvaise, fendue.
Anodes, laminés.							
17 juin	1·0	2·5	15	Laiton 37	1	0	Couche nette, unie, mais d'aspect noi

Épreuve de vieillissement, solution III B.

	Grammes de cobalt, solution de 100 c.c.	Acidité de la solution.
Solution à la fin des séries susdites d'expériences, 26 août 1914, après 24 heures de placage tel qu'indiqué..........................	1·11	Très légèrement alcaline.
La même après 39 heures de placage.........	1·10	Même chose
" " 54 " "	1.14	Très légèrement alcaline.
" " 69 " "	1·10	Même chose.
Légèrement diluée pour compenser la perte en eau par l'évaporation....................	1·11	"
La même après 84 heures de placage.........	1·12	"
" " 99 " "	1·13	"
" " 114 " "	1·14	"

La densité de courant était de 1·0 ampère par décimètre carré durant les dernières 90 heures de placage. La surface de la cathode était de 34·0 centimètres carrés. La teneur en cobalt et l'alcalinité de cette solution sont restés à peu près constantes.

Épreuve d'efficacité de courant à la solution III B.

Épreuve N° I.

Densité de courant	1·0 amp. au déc. carré.
Surface de cathode—laiton, asphalte au dos	25 cms. carré.
Durée de l'épreuve	30 min.
Courant moyen dans le bain	0·250 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·138 grammes.
Poids de cathode avant placage	65·7852 "
" " après "	65·9192 "
Cobalt déposé	0·1340 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot134}{0\cdot138} = 97\cdot3\%$$

Épreuve N° II.

Densité de courant	1·0 amp. déc. car.
Surface de cathode—laiton poli des deux côtés	32·6 cms
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·328 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·361 grammes.
Poids de cathode avant placage	24·6807 "
" " après "	25·0370 "
Cobalt déposé	0·3563 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot356}{0\cdot361} = 98\cdot6\%$$

Pour comparer avec les solutions III A et III B on a fait une série d'expériences avec le bain parallèle de nickel en utilisant cette solution III C.

SOLUTION III C.

Sulfate de nickel NiSO	34·5 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2 SO_4$	50·3 "
Acide citrique	4·2 "
Eau	1000 c.c.

Bain total, trois litres.

Données sur les expériences en placage à la solution III C.

Anodes Moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques
1914 16 juillet	0·30	1·25	10	Acier 39·3	1	30	Couche facilement écaillée.
13 juillet	0·34	1·28	10	Laiton 39·3	1	30	Couche blanche et uniforme.
31 juillet	0·50	1·45	10	Laiton 39·4	2	0	Couche satisfaisante sauf le grêlé; facilement polie. Il est difficile d'obtenir de ce bain une couche indemne de grêle d'hydrogène, sauf à une densité très basse de courant.
22 juillet	0·50	1·45	10	39·3	1	30	Couche brillante blanche au sortir du bain, se brunissant de façon satisfaisante. Cette couche était décidément plus douce qu'une couche du bain Co III E de la même date, qu'on a produite et brunie en même temps
23 juillet	0·50	1·45	10	39·3	1	30	Même chose.
22 juillet	0·90	2·35	10	46·6	1	0	Couche à lustre métallique brillant au sortir du bain. Facilement brunie à surface miroitante satisfaisante Plus blanche et douce que pour la solution Co III éprouvée en même temps.
1 juillet	1·0	2·15	10	Laiton 39·3	1	30	Couche claire mais grêlée.
1 juillet	1·0	2·6	10	39·3	1	30	Couche claire mais grêlée à la surface, donnant une belle surface après brunissage.
14 juillet	1·0	2·6	10	Laiton 37·1	1	30	Bonne couche sauf pour quelques petites marques.
24 juillet	1·0	2·36	10	Laiton 39·3	1	30	Couche accusant de la noirceur sur les bords bien qu'elle se brunit facilement.
24 juillet	1·0	2·36	10	Laiton 39·3	1	30	Couche blanche au sortir du bain, mais dure à polir à bonne surface miroitante; légèrement grêlée.
25 juillet	1·07	2·56	10	Laiton 39·3	1	30	Couche légèrement écaillée au bord inférieur.
28 juillet	1·25	2·60	10	Laiton 39·4	1	45	Couche de teinte mate, brunissant difficilement à bonne surface miroitante.
29 juillet	1·50	2·75	10	Laiton 27·3	2	0	Couche mate et brulée.
14 juillet	1·5	2·75	10	Laiton 27·3	1	30	Couche claire avec marques, écaillement au fond.

Anodes Laminés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques
31 juillet	0·50	2·85	10	Laiton 39·3	2	0	Couche très satisfaisante, blanche au sortir du bain, polissant facilement à une surface miroitante.
31 juillet	0·80	3·30	10	Laiton 39·3	2	0	Même chose.

Épreuve d'efficacité de courant, solution III C.

Épreuve No I.

Densité approximative de courant	1·0 amp. au sq. déc. car.
Surface de cathode—laiton poli sur les deux parois	24·2 cms. carrés.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·242 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·266 grammes.
Poids de Cathode avant placage	21·1806 "
" " après "	21·4279 "
Cobalt déposé	0·2473 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot247}{0\cdot266} = 92\cdot8\%$$

Épreuve No II.

Densité approximative de courant	1·0 amp. déc. car.
Surface de cathode, laiton	40·0 cms. car.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·400 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·440 grammes.
Poids de cathode avant placage	34·3341 "
" " après "	34·7404 "
Cobalt déposé	0·4063 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot406}{0\cdot440} = 92\cdot2\%$$

SOLUTION III D.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	25·7 grammes.
Sulfate d'ammonium	31·5 "
Acide citrique	4·5 "
Eau	1000 c.c.

Ce bain ressemble à celui de la solution III A mais est beaucoup moins concentré en sulfate de cobalt et en sulfate d'ammonium.

On n'a ajouté comme neutralisant ou pour d'autres fins aucun réactif à cette solution après sa préparation.

Données sur les expériences en placage, solution III D.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques.
1914 14 juillet	0·30	1·06	15	Laiton 37	3 0	Noire au sortir du bain, mais se brunit bien, sauf quelques petits trous d'épingle.
7 juillet	0·50	1·36	15	37	3 0	Couche sombre au sortir du bain, mais se brunit bien.
7 juillet	0·50	1·33	15	37	3 0	Même chose.
7 juillet	0·70	1·80	15	37	3 0	Couche claire à la sortie, mais un peu rude.
11 juillet	0·90	1·89	15	37	3 0	Couche mate et grêlée. Densité de courant trop forte.
11 juillet	0·90	1·90	15	37	3 0	Couche mate et grêlée. Densité de courant trop forte. Au polissage de cette couche, l'extrême dureté du dépôt de Co était très remarquable par comparaison avec le dépôt de Ni. Même résultat remarqué notablement dans toute la série des expériences.
17 juillet	1·0		15	Laiton 37	1 0	Couche nette et unie, mais sombre.
7 juillet	1·0	2·02	15	37	3 0	La densité de courant semblait trop forte, car la couche était très mate.
7 juillet	1·0	2·0	15	37	3 0	Couche mate et grêlée. Densité de courant trop forte.
13 juillet	1·0	2·0	15	37	3 0	Couche mate et grêlée. Densité de courant trop forte. Au polissage de cette couche, l'extrême dureté du dépôt de Co était très remarquable par comparaison avec le dépôt de Ni. Même résultat remarqué notablement dans toute la série des expériences.

Ce bain a servi au placage durant environ trente cinq heures, après quoi il est devenu quelques peu alcalin. Par comparaison la solution III C, bain correspondant de nickel a été éprouvée après avoir subi le même courant et la même durée. On a constaté qu'elle était à la fin dans une condition virtuellement identique d'alcalinité qu'au commencement. Des anodes moulés ont servi dans les deux bains pendant toutes les épreuves, qui étaient faites en partie pour éprouver la solubilité relative des anodes. Ce résultat a confirmé une conclusion qu'on peut tirer de toutes nos expériences: dans les bains de cette nature, les anodes moulés de cobalt sont plus solubles que les anodes moulés de nickel.

SOLUTION III E.

Sulfate de Cobalt $CoSO_4$	78·5	grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2\ SO_4$	129·7	"
Acide citrique	13·7	"
Eau	1000 c.c.	

Ce bain est deux fois plus saturé en sulfate de cobalt que le bain III A, et plus de trois fois plus saturé en sulfate de cobalt que la solution III D.

Données sur les expériences en placage, solution III E.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractères de la plaque et remarques.
1914							
21 juillet	0·50	0·76	10	Laiton 39·3	2	0	Couche très brillante et uniforme
22 juillet	0·50		10	39·3	2	0	Couche brillante et satisfaisante. De beaucoup plus dure que la couche de Ni synchronique, voir III C 22 juillet, 0·50 amp.
20 juillet	0·62	0·87	10	acier 20	3	0	Couche gris sombre au lustre métallique à la sortie. Exige peu de brunissage pour donner surface miroitante. Couche satisfaisante sous tous rapports.
22 juillet	0·70	0·90	10	Laiton 39·3	2	0	Couche brillante et satisfaisante. De beaucoup plus dure que la couche Ni synchronique, voir III C, 22 juillet, 0·70 amp.
21 juillet	0·80	0·82	10	Laiton 39·3	2	0	Couche très douce quoique un peu sombre à la sortie. Se polit à une surface miroitante.
23 juillet	0·80	0·97	10	39·3	2	0	Même chose. Voir III C 23 juillet, 0·80 amp.
23 juillet	0·90	1·0	10	Laiton 46·6	1	0	Couche satisfaisante se brunissant bien à une surface miroitante. N'est pas aussi blanche à la sortie que la couche Ni synchronique. Voir III C, 23 juillet, 0·90 amps. Couche de Co bien plus dure que la couche Ni correspondante.
21 juillet	1·0	1·03	10	39·3	2	0	Couche très douce quoique un peu sombre à la sortie. Polie à une bonne surface miroitante.
24 juillet	1·0	1·05	10	39·3	2	0	La couche s'écaille, mise en eau chaude à la sortie du bain.
24 juillet	1·0	1·05	10	39·3	2	0	Couche sombre quoique lustrée, nul signe d'écaillage à la sortie. Cette couche est plus sombre que la couche correspondante de Ni, à la sortie. Voir III C, 24 juillet 1·0 amp. bien que la couche de Ni exigeait plus de polissage pour donner une surface miroitante.
25 juillet	1·07	1·19	10	39·3	2	0	Couche plutôt sombre et accusant des signes de brulé.
28 juillet	1·25	1·31	10	Laiton 39·3	1	45	Couche gris sombre, mais exigeant peu de brunissage pour acquérir une surface miroitante.
29 juillet	1·5	1·35	10	27·3	2	0	Couche plutôt sombre à la sortie, mais se brunissant facilement à une surface miroitante parfaite. La couche de Co de beaucoup plus dure que la couche de Ni correspondante, lorsque les deux ont été moulues.
31 juillet		....	...	....	...		Le bain devenant alcalin, on l'a neutralisé an ajoutant un peu d'acide citrique.

Épreuve de vieillissement, solution III E.

	Grammes de cobalt en solution de 100 c.c.	Acidité de la solution.
Solution, à la fin des séries ci-dessus d'expériences, 26 août 1914, après 26 heures de placage	1·72	Neutre.
La même après 41 heures de placage	1·81	Très légèrement alcaline.
" " 56 " "	1·95	Légèrement alcaline.
" " 71 " "	2·12	Neutre.
Après 86 heures de placage, on ajoute un peu d'eau pour compenser la perte d'évaporation	1·95	Légèrement alcaline.
La même après 101 heures de placage	1·99	Légère augmentation d'alcalinité.
" " 116 " "	2·11	Accrue d'alcalinité.
" " 131 " "	2·17	Accrue nouvelle d'alcalinité.

La densité de courant était de 3·0 ampères par décimètre carré durant les dernières 445 heures de placage. La densité de courant durant les 45 heures antérieures était de 4·75 ampères au décimètre carré.

Cette solution s'alcalinise graduellement et sa teneur en cobalt s'accroit. Dans son état actuel, cette solution change évidemment trop vite pour être satisfaisante, mais on pourrait l'employer en utilisant un nombre augmenté d'anodes laminés à la place des anodes moulés.

Épreuve d'efficacité de courant, solution III E.

Épreuve N° I.

Densité approximative de courant	0·80 amp. au déc carré.	
Surface de cathode—laiton poli sur les deux parois	40·0 cms. carrés.	
Durée de l'épreuve	45 min.	
Courant moyen dans le bain	0·321 amp.	
Poids théorique du cobalt déposé	0·265 grammes.	
Poids de cathode avant placage	35·8816	"
" " après "	36·1435	"
Cobalt déposé	0·2619	"

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot 262}{0\cdot 265} = 98{,}8\%$$

Épreuve N° 11.

Densité approximative de courant	0·80 amp. au déc. carré.
Surface de cathode—laiton poli sur les deux parois	40·0 cms. carrés.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·321 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·353 grammes.
Poids de cathode avant placage	36·1435 "
" " après "	36·4949 "
Cobalt déposé	0·3514

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot351}{0\cdot353} = 99\cdot4\%$$

CONCLUSIONS.

(1) Sortant de ce bain de sulfate de cobalt-ammonium qui excède en sulfate d'ammonium et qui contient de l'acide citrique, les couches de cobalt déposées sur le fer et le laiton sont fermes, adhérentes, dures et uniformes, et prennent facilement un bon fini au brunissage à une densité de courant inférieure à celle qui est recommandée. Elles prennent un très beau poli et un lustre superbe qui accuse une nuance légèrement bleuâtre, bien qu'il soit brillamment blanc.

(2) Les solutions IIIA, III B, et III D ne se prêtent pas à un placage très rapide, mais elles donnent de bonnes couches à des densités de courant de 0·80, 1·0 et 0·80 ampère par décimètre carré respectivement.

(3) La solution III B s'est maintenue substanciellement constante quant à la teneur en cobalt et à l'alcalinité durant 114 heures de placage. L'efficacité de courant de la solution III B atteint un degré satisfaisant.

(4) La solution III E, beaucoup plus concentrée en cobalt que les autres solutions de la série, donne des couches satisfaisantes à toutes les densités de courant allant jusqu'à 1·5 ampère au décimètre carré.

(5) La solution III E, employée avec des anodes moulés, devient graduellement plus concentrée en cobalt métallique et son alcalinité s'augmente. On ne peut donc à cause de cela l'utiliser qu'avec soin; elle n'est peut-être pas satisfaisante pour les fins génerales du placage industriel.

(6) L'efficacité de courant de la solution III E est extraordinairement élevée par comparaison avec celle des solutions ordinaires du nickelage industriel.

(7) Les efficacités de courant de toutes les solutions de la série 3 sont élevées, dépassant de beaucoup le 90 p.c. des densités de courant recommandées.

(8) On a synchronisé un certain nombre d'expériences à la solution III C et la solution III E, selon la même densité de courant, le même espacement et la même surface d'électrode. L'énergie électromotive qui traversait le bain de nickel était de deux fois à deux fois et demie plus forte que celle du bain de cobalt. Comme on l'a remarqué dans toutes ces expériences, ceci établit la conductivité plus grande des solutions de cobalt.

(9) La solution III C est très concentrée en sel de nickel et est plus satisfaisante que la solution correspondante de cobalt de la même concentration. Toutefois, la solution correspondante de cobalt n'est pas tout-à-fait saturée. La comparaison favorise une solution identique de cobalt III E à saturation égale, car celle-ci travaillera à des densités de courant plus fortes que la III C, et donnera une couche toute aussi satisfaisante d'aspect, et plus dure.

(10) Ces solutions ont agi identiquement en plaquant le fer, l'acier et le laiton, métaux auxquels les conclusions ci-dessus s'appliquent exclusivement.

(11) Les anodes de cobalt se dissolvent plus facilement que les anodes de nickel dans les solutions de la série 3, et en conséquence l'on peut employer une plus forte proportion d'anodes de cobalt laminés qu'on ne le peut quant au nickel.

SÉRIE 4: SOLUTIONS AU SULFATE DE COBALT AMMONIUM ET AU CHLORURE D'AMMONIUM.

Les bains de la série 4 ont été préparés de la même façon que les bains expliqués dans la série 1.

Les écrits[1] disent que les bains qui contiennent des chlorures ou des nitrates ne sont pas bons pour le nickelage du fer. Ils s'adaptent bien toutefois au nickelage rapide et léger des articles de laiton de camelote. La solution IV est la parallèle de cobalt d'une solution parfois employée en pratique de nickelage dans les travaux plus légers.

SOLUTION IV A.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	23·5 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$	20·0 "
Chlorure d'ammonium NH_4Cl	30·0 "
Eau	
Bain total	1000 c.c.
	2·5 litres.
Gravité spécifique .... 1·043	= 6·0°Be.

On n'a ajouté aucun réactif à cette solution après sa préparation, soit pour modifier la relation ou pour d'autres fins.

Données sur les expériences en placage, solution IV A.

Anodes moulé

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage h.	m.	Caractère de la plaque et remarques
1914 21 sept.	0·50	0·85	10	Laiton 34·6	2	0	Couche bonne, douce, uniforme, exigeant peu de brunissage pour donner une surface miroitante
11 juin	0·55	0·65	10	Laiton 27·3	3	0	Même chose.
21 sept.	0·75	0·94	10	Laiton 25·8	1	0	Bonne couche blanche uniforme et veloutée. Facilement brunie au miroitement.
26 juin	1·0	1·1	10	Laiton 24·0	1	30	Même chose.
21 sept.	1·0	1·45	10	Laiton 35·5	1	0	Couche uniforme mais grise. Bon fini au polissage. Plutôt grêlée de gaz.
25 juin	1·1	1·2	10	Laiton 24·0	2	45	Bonne couche douce et uniforme, d'aspect velouté, prenant un poli argenté brillant.
14 juin	1·1	1·15	10	Laiton 27·5	2	0	Épreuve faite pour determiner la nature de la couche à deux fois la densité de courant recommandée pour un bain identique de Ni. Couche bonne, douce, uniforme, sur toute la surface de la cathode. Aspect velouté.
27 juin	1·65	1·75	10	Laiton 31·5	1	30	Couche égale, uniforme, mais légèrement sombre au centre, donnant au brunissage une surface très satisfaisante.
26 juin	1·9	1·92	10	Laiton 31·5	3	0	Mauvaise couche, plutôt brulée sur les bords.

[1] Dr. Langbein, "Electro-Deposition of Metals," 6ème édition, révisée, p. 254.

SOLUTION IV B.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	23·5 grammes
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$	20·00 "
Chlorure d'ammonium NH_4Cl	18·2 "
Acide borique	9·5 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	2·5 litres.

Cette solution est légèrement acide au litmus. Avant l'usage, l'acidité a été neutralisée à l'ammoniaque, puis l'on a ajouté de l'acide borique jusqu'à ce que la solution eut repris un peu d'acidité.

Données sur les expériences en placage, solution IV B.

Anodes Monel

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré	Énergie électromotrice en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms. carrés	Durée du placage h.	m	Caractère de la plaque et remarques
1914 1 août	0·50	0·90	10	Fer 45·4	0	40	Couche grise mais très douce et brillante au sortir du bain. Brunissant facilement au miroitement
12 juin	0·55	0·75	10	Laiton 23·3	3	0	Couche dure et uniforme, beaucoup plus blanche qu'avec la solution IV A.
21 sept.	1·0	1·77	10	Laiton 36·0	1	0	Couche blanche, uniforme, bonne. Fini satisfaisant avec peu de brunissage
12 juin	1·10		10	Laiton 27·4	3	0	Couche dure et uniforme, beaucoup plus blanche que IV A
22 sept.	1·25	1·67	10	Laiton 28·1	1	0	Bonne couche, légèrement sombre aux bords. Pas de brulé à cette densité de courant.
14 juin	1·5	2·5	12	Laiton 30·0	1	0	Couche d'abord claire, mais se noircit plus tard aux bords, accusant des signes de brulé
22 sept.	1·5	2·27	10	Laiton 34·8	0	30	Très sombre et fortement brulée aux bords.
[illegible] juin	1·6	2·22	20	Laiton 31·5	2	30	Couche douce, mais pas uniforme. Plus brillante près de fond qu'au sommet
26 juin	1·65	1·86	10	Laiton 24·0	2	0	Couche douce, uniforme, plutôt plus blanche que la couche de solution IV A. 26 juin, densité de courant ampère par décimètre carré. Couche un peu sombre aux bords
29 juin	1·70	2·15	10	Laiton 27·3	1	30	Gaz à la cathode. Couche dissatisfaisante granulée et brulée

Épreuve de vieillissement, solution IV B.

Solution à la fin de la série ci-desssus d'expériences, 26 août 1914, 16 heures de placage tel qu'indiqué	0·76	Neutre.
La même après 31 heures de placage	0·80	"
" " 46 " "	0·74	"
Solution diluée après 61 heures de placage pour compenser la perte par évaporation	0·75	"
La même après 77 heures de placage	0·96	"

Cette solution est neutre au papier litmus et légèrement alcaline par le titrage à $\frac{N}{10}$ HCl et à l'indicateur litmus. Elle s'est maintenue constante en acidité durant toutes les épreuves.

Épreuve d'efficacité de courant, solution IV B.

Épreuve N° I.

Densité approximative de courant	1·0 amp. au déc carré.
Surface de cathode, laiton, asphalte au dos	36·5 cms. carrés
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·368 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·405 grammes.
Poids de cathode avant placage	34·7766 "
" " après "	35·1502 "
Cobalt déposé	0·3736 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot374}{0\cdot405} = 92\cdot3\%$$

Épreuve N° II.

Densité approximative de courant	0·42 amp. au déc. carré.
Surface de cathode,—laiton poli des deux côtés	43·4 cms. carres.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·182 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·200 grammes.
Poids de cathode avant placage	33·7041 "
" " après "	33·8936 "
Cobalt déposé	0·1895

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot190}{0\cdot200} = 95\cdot0\%$$

Épreuve N° III.

Densité approximative de courant	1·0 amp. au déc. carré.
Surface de cathode— laiton poli des deux côtés	51·0 cms. carrés.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·512 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·563 grammes.
Poids de cathode avant placage	57·0320 "
" " après "	57·5464 "
Cobalt déposé	0·5144

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot514}{0\cdot563} = 91\cdot2\%$$

Conclusions.

(1) La solution IV A donne des couches satisfaisantes de cobalt sur le laiton et le fer à toutes les densités de courant allant jusqu'à 1·5 ampère par décimètre carré.

(2) Les couches de la solution IV A prennent une surface brillante au brunissage, semblable à celle qui est décrite à (3) ci-dessous.

(3) La solution IV B a donné des couches satisfaisantes à toutes les densités de courant allant jusqu'à 1·5 ampère par décimètre carré, sur fer et laiton; elles sont fermes, adhérentes, dures et uniformes, et peuvent facilement prendre une surface finie satisfaisante au brunissage; elles se polissent hautement et prennent un beau lustre qui accuse une nuance légèrement bleuâtre, quoiqu'il soit brillamment blanc.

(4) Les solutions IV A et IV B sont des bains de placage modérément rapides, mais pas toutefois aussi rapides que les solutions I B ou XIII B.

(5) La solution IV B est de beaucoup plus rapide que le bain correspondant de nickel, ce dernier travaillant le mieux à une densité de courant d'environ 0·55 ampère par décimètre carré[1].

(6) Ces solutions ont agi de même façon dans le placage sur le fer, le laiton et l'acier, métaux auxquels des conclusions ci-dessus s'appliquent.

(7) La teneur en cobalt et la neutralité de la solution IV B ne changent pas sensiblement dans l'usage prolongé.

(8) L'efficacité de courant de la solution IV B est satisfaisamment élevée, la valeur moyenne de trois mesurages concordant bien et donnant 92·6 pour cent.

(9) La solution IV B, avec l'acide borique, donne des couches un peu plus blanches que la solution IV A, mais cette dernière peut être employée à une densité plus élevée de courant.

Série 5:—Solutions au chlorure de cobalt et au chlorure d'ammonium.

SOLUTION V.

On a préparé un bain identique au bain de chlorure de nickel-ammonium qu'on a fortement favorisé dans le nickelage du zinc. Cette solution sert aussi au nickelage sombre. Les sels indiqués ci-dessous ont été dissous dans de l'eau tiède, et l'on a ajouté une quantité suffisante d'ammoniaque pour laisser la solution un peu acide ou simplement neutre.

Chlorure de cobalt $CoCl_2$	54·8 grammes.
Chlorure d'ammonium NH_4Cl	54·8 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	2·5 litres.

Nul réactif n'a été ajouté à cette solution pour modifier sa réaction après la préparation.

[1] Électrodeposition of Metals, Langbein, 6e édition révisée, page 253.

Données sur les expériences en placage, solution V.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques.
			Anodes moulés.			
1914 17 juin	0·30	0·96	10	Laiton 27·3	2 20	Couche de nuance gris sombre.
27 juin	0·30	0·66	10	Laiton 27·3	2 30	Couche sombre, égale se brunissant bien.
18 juin	0·37	0·65	10	Laiton 27·3	2 20	Couche gris mat, tachétée et rugueuse.
18 juin	0·37	0·55	10	Laiton 27·3	3 20	Même que ci-dessus.
20 juin	0·50	0·75	10	Laiton 27·3	3 20	Couche som[illegible] et tachetée.
22 juin	0·50	0·69	10	Laiton 27·3	2 30	Couche [illegible] se brunissant bien
29 juin	0·90	1·76	20	Laiton 27·3	2 0	Couche [illegible] légèrement grêlée, [illegible] une surface au brunissage.
15 juillet	1·0	1·15	11	Laiton 37	1 0	Couche un peu mate au sortir du bain, mais donnant bonne surface au brunissage.
			Anodes laminés.			
3 août	0·50	0·70	10	fer 45·4	1 15	Couche très douce, brillante, de nuance gris sombre au sortir du bain, se brunissant au miroitement.
17 juillet	0·8	1·0	15	Laiton 27·3	1 0	Couche douce brillante, légèrement grêlée au fond.
17 juillet	1·0	1·1	16·5	Laiton 27·3	1 0	Couche douce uniforme, sombre au sortir du bain, mais brillante après le brunissage.
5 Août	1·0	0·95	10	fer 42·1	2 20	Couche douce et gris mat, sans vestige de brulé au sortir du bain, un peu grêlée. Prenant un miroitement facile au brunissage.
			Placage aux anodes moulés sur zinc.			
25 sept.	0·50	0·75	10	zinc 26·6	1 30	Couche brillante, semblant presque brunie au sortir du bain. Agitation mécanique.
24 sept.	0·50	0·76	10	ibid.	1 15	Solution mécaniquement agitée pour chasser les bulles d'hydrogène. Bonne couche blanche uniforme, prenant facilement le miroitement au brunissage.
21 sept.	0·75	1·06	10	ibid.	1 0	Nulle agitation. Mauvaise couche, cristaline.
25 sept	0·75	0·85	10	ibid.	1 15	Couche douce, uniforme, semblant presque brunie au sortir du bain.
25 sept.	0·75	1·0	10	zinc 28·8	1 0	Très doux sur les parties de cathode où l'agitation a chassé les bulles d'hydrogène; rugueux sur la partie éloignée de l'agitation et où l'hydrogène est restée.
23 sept.	1·0	0·95	10	zinc 26·6	1 0	Couche libérée des bulles d'air par un essuyage de dix minutes. Couche satisfaisante et douce après ce lapse. Après une heure, sans autre essuyage des bulles, la couche était rude et cristaline.

Suite.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré	Énergie électromotive en volts	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractères de la plaque et remarques
24 sept.	1·0	0·95	10	ibid.	1	0	Solution agitée mécaniquement pour éloigner les bulles d'hydrogène, mais à cette densité de courant, malgré l'agitation, des grêles de gaz paraissaient au fond et au faîte.
24 sept.	1·0	0·95	10	ibid.	1	0	Même chose.
24 sept.	1·0	0·95	10	zinc 26·6	1	0	Solution agitée mécaniquement pour éloigner les bulles d'hydrogène, mais il se forme à cette densité de courant des marques de gaz malgré cette agitation.
22 sept.	2·0	1·48	10	ibid.	0	30	Couche décidément cristaline; couche très mauvaise. Il s'est formé du gaz qui a adhéré à la cathode.

Conclusions.

(1) On n'a pas trouvé la solution V satisfaisante pour l'obtention d'un cobaltage caractéristique brillant à une densité quelconque de courant jusqu'à l'ampère par décimètre carré, soit avec les anodes moulés ou laminés, ou en plaquant le laiton ou le fer. Ceci s'applique au placage normal et sans agitation de la solution. Cette solution pourrait servir pour le fer et le laiton si l'on voulait avoir un cobaltage sombre.

(2) Il faut des anodes laminés pour obtenir une couche satisfaisante dans la solution identique de nickel. Ils améliorent la couche quant au cobalt, mais ce n'est satisfaisant d'aucune façon, soit comme vitesse ou comme qualité de couche, par comparaison avec d'autres solutions comme I B ou XIII B.

(3) La soultuion V peut cobalter satisfaisamment le zinc, s'il y a assez d'agitation mécanique pour enlever les bulles d'hydrogène à la surface de la cathode. À cette condition, les cobaltages sont fermes, adhérents, durs et uniformes, d'une apparence polie au sortir du bain.

Série 6:—Solutions de sulfate de cobalt ammonium avec acide borique.

La solution VI A est identique à une solution recommandée par Weston pour les bains de nickel. Elle n'a jamais eu toutefois grand emploi industriel parce que la solution de nickel, après avoir travaillé sans défaut pendant une durée relativement brève, se met à manquer, donnant une couche obscurcie.

La solution VI B est la solution de nickel correspondante de la solution de cobalt VI A. La teneur en métal de la solution VI A a été augmentée d'une addition de sulfate de cobalt lorsqu'on a constaté qu'elle n'était pas satisfaisante. Cette solution dernière a été appelée solution VI C.

On a de plus préparé et étudié une solution beaucoup plus concentrée de la même série, solution VI D.

SOLUTION VI A.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	14·8 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2 SO_4$	12·6 "
Acide borique	18·8 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	2·5 litres.

On n'a rien ajouté à cette solution après sa préparation pour modifier sa réaction.

Données sur les expériences en placage, solution VI A.

Date de l'expérience.	Densité de courant danr les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques.
				Anodes moulés.			
1914 13 juin	0·30	0·96	10	Laiton 27·3	2	20	Couche lustrée, mais sombre et peu douce.
15 juin	0·60	1·70	10	Laiton 27·3	2	20	Couche lustrée mais tachetée; gaz hydrogène a donné librement.
27 juin	0·63	1·25	10	Laiton 31·5	2	30	Couche douce et assez lustrée. Fendue aux bords.
30 juin	0·90	3·5	20	Laiton 27·3	2	0	Mauvaise couche, grêlée et brulée.
30 juin	1·0	3·27	20	Laiton 27·3	2	0	Couche fortement brulée et mauv Densiré trop forte de courant.
15 juin	1·0	3·6	15	Laiton 24·0	1	30	Couche fortement brulée aux bords.
				Anodes laminés.			
16 juillet	0·5	2·0	15	Laiton 37·3	1	30	Couche brillante, douce et uniforme.
16 juillet	0·8	2·3	13	Laiton 37·3	2	0	Couche mauvaise, brulée aux bords et écaillée.
16 juillet	0·8	2·5	15	Laiton 27·1	1	0	Même que ci-dessus.

SOLUTION VI B.

Sulfate de nickel $NiSO_4$	14·8 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2 SO_4$	12·6 "
Acide borique	18·8 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	2·5 litres.

On n'a pas ajouté de réactif à cette solution pour en modifier la réaction.

Données sur les expériences en placage, solution VI B.

Anodes moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques.
15 juillet	0·30	1·55	10	Laiton 27·3	2 0	Couche égale très blanche, si glacée au sortir du bain qu'elle n'exigeait presque pas de brunissage.
15 juillet	0·50	2·0	10	Laiton 27·3	2 0	Couche égale très brillante, sans trace de brulé.
29 juillet	0·60	2·27	10	Laiton 39·3	1 30	Couche brillante au centre, mais indices de brulé sur les bords.
29 juillet	0·80	2·36	10	Laiton 39·3	1 30	Couche brillante au centre, mais brulée aux bords et aux angles.
29 juillet	1·0	3·01	10	Laiton 39·3	1 30	Couche très sombre et granuleuse, accusant un fort brulé sur toute la surface, mais surtout aux bords.

Épreuves d'efficacité de courant, solution VI B.

Épreuve N° I.

Densité approximative de courant............	0·50 amp. au déc. carré.
Surface de cathode—laiton poli sur les deux côtés	40·0 cms. carrés.
Durée de l'épreuve.........................	45 min.
Courant moyen dans le bain.................	0·200 amp.
Poids théorique du nickel déposé..............	0·165 grammes.
Poids de cathode avant placage..............	39·1777 "
" " après "	39·3174 "
Nickel deposé..................................	0·1397 "

EFFICACITÉ DE COURANT $\frac{0{\cdot}140}{0{\cdot}165} = 84{\cdot}8\%$

Épreuve N° II.

Densité approximative de courant..........	0·50 amp. au déc. carré.
Surface de cathode—laiton poli des deux côtés..	40·0 cms. carrés.
Durée de l'épreuve.........................	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain.................	0·201 amp.
Poids théorique du nickel déposé..............	0·221 grammes.
Poids de cathode avant placage..............	39·3174 "
" " après "	39·5307 "
Nickel déposé..................................	0·2133 "

EFFICACITÉ DE COURANT $\frac{0{\cdot}213}{0{\cdot}221} = 96{\cdot}4\%$

Épreuve Nº III.

Densité approximative de courant............	0·50 amp. au déc. carré.
Surface de cathode—laiton poli des deux côtés..	63·5 cms. carrés.
Durée de l'épreuve.........................	1 hr. 3 min.
Courant moyen dans le bain................	0·365 amp.
Poids théorique du nickel déposé............	0·420 grammes.
Poids de cathode avant placage..............	52·8654 "
" " après "	53·2356 "
Nickel déposé..............................	0·3702 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0 \cdot 370}{0 \cdot 420} = 87 \cdot 8\%$$

Épreuve Nº IV.

Densité approximative de courant............	0·50 amp. au déc. carré.
Surface de cathode—laiton poli des deux côtés...	68·6 cms. carrés.
Durée de l'épreuve.........................	1 hr. 3 min.
Courant moyen dans le bain................	0·344 amp.
Poids théorique du nickel déposé............	0·378 grammes.
Poids de cathode avant placage..............	60·5166 "
" " après "	60·8678 "
Nickel déposé..............................	0·3512"

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0 \cdot 351}{0 \cdot 378} = 93 \cdot 0\%$$

SOLUTION VI C.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$....................	38·6 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2 SO_4$............	32·9 "
Acide borique..............................	38·8 "
Eau..	1000 c.c.
Bain total.................................	2·5 litres.

Nulle addition de réactif après la préparation de la solution primitive pour modifier sa réaction ou pour d'autres fins.

Données sur les expériences en placage, solution VI C.

Anodes moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques
1914 20 juillet	0·50	0·94	10	Laiton 27·3	2	0	Couche très douce, brillante, satisfaisante au sortir du bain, exigeant peu de brunissage au fini.
23 juillet	0·70	1·12	10	Laiton 27·3	2	0	Couche d'une coloration mate métallique au sortir du bain, mais donne une surface satisfaisante au brunissage. Quelques grêlés près du fond.
4 Août	1·0	1·95	10	Laiton 39·3	1	30	Couche de nuance grise au sortir du bain, mais se brunissant bien à un fini satisfaisant.
5 août	1·5	2·15	10	Laiton 27·3	2	0	Couche de nuance terne, et brulée par endroits.

Épreuve d'efficacité de courant, solution VI C.

Épreuve Nº I.

Densité approximative de courant	0·50 amp. au déc. carré
Surface de cathode—laiton poli des deux côtés	72·0 cms. carrés.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·357 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·393 grammes.
Poids de cathode avant placage	59·8936 "
" " après "	60·2659 "
Cobalt déposé	0·3723 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot372}{0\cdot393} = 94\cdot6\%$$

Épreuve Nº II.

Densité approximative de courant	0·50 amp. au déc. carré.
Surface de cathode—laiton poli sur les deux côtés	72·0 cms. carrés.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·361 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·397 grammes.
Poids de cathode avant placage	62·7582 "
" " après "	63·1299 "
Cobalt déposé	0·3717 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot372}{0\cdot397} = 93\cdot7\%$$

Épreuve Nº III.

Densité approximative de courant	1·0 amp. au déc. carre.
Surface de cathode—laiton poli des deux côtés	39·2 cms. carrés.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·394 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·433 grammes.
Poids de cathode avant placage	29·6882 "
" " après "	30·0979 "
Cobalt déposé	0·4097 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot410}{0\cdot433} = 94\cdot6\%$$

Épreuve Nº IV.

Densité approximative de courant	1·0 amp. au déc. carré.
Surface de cathode—laiton poli des deux côtés	40·0 cms. carrés.
Durée de l'épreuve	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain	0·402 amp.
Poids théorique du cobalt déposé	0·442 grammes.
Poids de cathode avant placage	37·7798 "
" " après "	38·1982 "
Cobalt déposé	0·4184 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot418}{0\cdot442} = 94\cdot6\%$$

SOLUTION VI D.

Cette solution est la même que I B sauf qu'il y a addition d'acide borique. Au fait, la solution identique I B a été employée avec addition d'acide borique. La composition finale du bain comportait:

Sulfate de cobalt ammonium $CoSO_4$ $(NH_4)_2$ $SO_4 \cdot 6H_2O$ .... 200 grammes.
Acide borique .... 37·2 "
Eau .... 1000 c.c.

Dans la préparation de cette solution, après que l'acide borique eut été complètement dissous par une agitation continue, on l'a laissée se reposer plusieurs jours pour voir si quelque sel ne se cristaliserait pas. La solution était parfaitement claire après cette période, et semblait être prête au service comme bain de placage.

Données sur les expériences en placage, solution VI D.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques.
1914 25 sept.	0·51	1·0	10	Laiton 35·5	1	0	Bonne couche égale uniforme, grise au sortir du bain mais donnant bon lustre au brunissage.
25 sept.	0·75	1·35	10	Laiton 34·1	1	30	Couche douce et uniforme, accusant un bon lustre au polissage.
26 sept.	1·0	2·85	10	Laiton 34·3	1	0	Bonne couche, douce, uniforme, grise, prenant bon lustre au polissage.
1 oct.	1·0	1·25	10	34·3	1	0	Bonne couche, douce, uniforme, grise, prenant bon lustre au polissage.
1 oct	1·25	1·4	10	Laiton 32·6	1	0	Même chose.
1 oct.	1·25	1·38	10	Laiton 34·6		0	Même chose.
28 sept.	1·5	1·35	10	Laiton 35·3		0	Couche uniforme blanche terne, accusant une tendance à se fendiller au fond et aux bords.
28 sept.	1·5	1·92	10	Laiton 37·5	1	30	Couche uniforme grise, ayant tendance à s'écailler aux bords.
29 sept.	1·5	1·87	10	Laiton 33·8	1	0	Couche uniforme gris pâle, fendillée aux bords.
2 oct.	1·5	1·74	10	33·8	1	0	Couche uniforme rugueuse, grise, poreuse, impossible à brunir.
2 oct.	1·75	2·11	10	Laiton 17·8	0	30	Couche uniforme grise, très grêlée au gaz.

CONCLUSIONS.

(1) La solution VI A ne donne pas un placage satisfaisant à une densité quelconque de courant en plaquant avec des anodes moulés, jusqu'à 1·0 ampère par décimètre carré. Les couches sont sombres et tachetées, et l'hydrogène est engendrée. Les couches sont très brulées et grêlées si la densité de courant avoisine 1 ampère ou plus par décimètre carré. Il y a quelque amélioration avec les anodes laminés, à des densités de courant modérées, soit vers 0·50 ampère par décimètre carré.

(2) La solution VI B, parallèle de nickel de VI A, a donné des couches très brillantes, claires, satisfaisantes à des densités de courant allant jusqu'à 0·50 ampère au décimètre carré. Le plaqué brûle si la densité de courant est plus forte.

(3) La solution VI B de nickel n'est pas tout-à-fait aussi rapide que quelques-unes des solutions de cobalt définies ailleurs dans le présent travail.

(4) La solution VI C, solution plus concentrée du genre VI A, fonctionnait bien à une densité de courant supérieure à celle de VI A, c'est-à-dire jusqu'à 1·0 ampère au décimètre carré. Ceci est conforme à la conclusion générale tirée dans toutes les parties du présent travail: les solutions plus concentrées de cobalt, qui donnent aussi les placages les plus rapides, sont les plus satisfaisantes pour les fins pratiques du placage.

(5) La solution VI D n'est pas comparable en vitesse à la solution I B, de laquelle elle ne diffère que par l'addition de l'acide borique. La solution VI D donne une couche blanche et satisfaisante de cobalt à toutes les densités de courant allant jusqu'à 1·25 ampère au décimètre carré.

(6) Les efficatités de courant sont fortes et satisfaisantes dans toutes les solutions de la série 6, la moyenne étant supérieure à 90 pour cent.

(7) Ces solutions agissent identiquement dans le cobaltage du fer, de l'acier et du laiton, métaux auxquels les conclusions ci-dessus s'appliquent.

(8) Les couches de cobalt de la série 6 sont, chaque fois qu'elles sont qualifiées de satisfaisantes, sont fermes, adhérentes, dures et uniformes, et peuvent facilement prendre un beau fini au brunissage. Elles prennent un fort poli bien lustré légèrement bleuâtre, quoique brillamment blanc.

SÉRIE 7:—SOLUTIONS AU SULFATE DE COBALT-AMMONIUM, AU CARBONATE DE COBALT ET A L'ACIDE BORIQUE.

On a préparé cette solution en bouillant des cristaux de sulfate de cobalt-ammonium dans l'eau jusqu'à ce que l'évolution du gaz CO_2 ait cessé et que la solution ne paraisse plus acide au litmus bleu. Après repos on a enlevé par le filtrage ou le déversement tout carbonate de cobalt indissous puis l'on a ajouté l'acide borique. Après une seconde bouillée brève, on a laissé refroidir la solution, qui s'est alors trouvée prête au travail de placage. Si la solution est trop acide on peut la neutraliser à l'ammoniaque.

La solution VII A peut être employée avec des anodes laminées ou des anodes laminés et une faible proportion d'anodes moulés. On peut établir la proportion des anodes moulés aux anodes laminés employés dans ce bain, par l'épreuve fréquente de l'acidité du bain. On devra à cette fin noter ce qui suit. Le papier litmus bleu devrait toujours rougir, pour signaler la présence de l'acide borique; le papier congo ne devrait pas bleuir, car dans ce cas la présence d'acide sulfurique libre dans le bain est accusé. Le papier litmus rouge devrait rester rouge, car s'il bleuissait cela voudrait dire que le bain est devenu alcalin et qu'il faut ajouter de l'acide borique.

Après qu'on eut trouvé que les placages faits à la solution VII A étaient mauvais, donnant des couches sombres à des densités de courant avoisinant 1 ampère par décimètre carré, on ajouta du sulfite de sodium au bain pour voir si la couche serait plus brillante. Cette dernière solution est la solution VII B.

SOLUTION VII A.

Sulfate de cobalt-ammonium $CoSO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4 \cdot 6H_2O$	63·5 grammes
Carbonate de cobalt $CoCO_3$..........................	5·3 "
Acide borique H_3BO_3..........................	31·7 "
Eau..........................	1000 c.c.
Bain total..........................	3·5 litres.

Données sur les expériences en placage, solution VII A.

Anodes moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques.
4 juillet	0·35		20	Laiton 27·3	2 0	Couche brillante égale sans paille, se brunissant satisfaisamment.
4 juillet	0·50	1 50	20	Laiton 27·3	2 0	Couche très brillante et douce sans paille, se brunissant brillamment.
9 juillet	0·50	1·55	20	Laiton 39·3	2 30	Surface granuleuse. Mauvaise.
10 juillet	0·50	1·53	20	Laiton 39·3	2 30	Couche mauvaise et rugueuse, ne polissant pas bien.
4 juillet	0·70	2·7	20	Laiton 27·3	2 0	Couche douce, sans paille, blanche, mais non lustrée, se brunissant bien.
6 juillet	1·0	2·5	10	Laiton 27·3	2 0	Couche brulée aux côtés et au fond, mauvaise. Trop forte densité de courant.
7 juillet	1·0	2·7	15	Laiton 27·3	2 0	Couches brulées aux côtés; mauvaises. Trop forte densité de courant.
7 juillet	1·0	3·30	15	Laiton 39·3	2 30	Couche épaisse, mais terne et granuleuse. Brulée.
9 juillet	1·0	3·25	15	Laiton 39·3	2 30	Couche brulée et mauvaise.
11 juillet	1·0	4·15	15	Laiton 27·3	2 0	Couche écailleuse et mauvaise.

La solution s'alcalinise rapidement au travail.

SOLUTION VII B

Sulfate de cobalt-ammonium $CoSO_4 \cdot (NH_4)_2 SO_4 \cdot 6H_2O$ 63·5 grammes
Carbonate de cobalt $CoCO_3$.................... 5·3 "
Acide borique.................... 31·7 "
Sulfite de sodium Na_2SO_3.................... 1·4 "
Eau.................... 1000 c.c.
Bain total.................... 3·5 litres.

Données sur les expériences en placage, solution VII B.

Anodes moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques.
11 juillet	1·0	2·05	15	Laiton 27·3	2 0	Couche blanche, égale, un peu brulée aux bords.
			Anodes laminés.			
17 juillet	0·50	1·21	10	Laiton 27·3	2 0	Couche égale, satisfaisante.
17 juillet	0·50	1·15	10	Laiton 27·3	2 0	Couche satisfaisante, brillante, exigeant peu de brunissage.
17 juillet	0·80	1·95	10	Laiton. 27·3	2 0	Couche brillante satisfaisante
18 juillet	0·90	2·20	10	Laiton 27·3	2 0	Couche noire brulée.

Conclusions.

(1) La solution VII A donne des couches satisfaisantes blanches à des densités basses de courant d'environ 0·35 ampère au décimètre carré, comme la solution correspondante de nickel.

(2) La solution VII A ne se prête pas au placage rapide; les couches brulent à des densités de courant qui dépassent 0·80 ampère au décimètre carré.

(3) L'addition de sulfite de sodium à la solution VII A comme dans la solution VII B, n'augmente pas matériellement la densité de courant à laquelle on peut obtenir des couches brillantes et satisfaisantes. Ces solutions ne sont pas comparables à quelques-unes des autres solutions décrites et qualifiées satisfaisantes, comme les solutions I B et XIII B, quant à la rapidité du placage.

(4) Les solutions de la série 7 s'alcalinisent si rapidement avec l'emploi des anodes moulés, qu'on devrait employer de préférence des anodes laminés. D'ordinaire les solutions de cobalt améliorées par l'addition du sulfite de sodium ne sont pas assez constantes dans le travail prolongé pour posséder le caractère d'auto-soutien exigé par tous les établissements de placage.

(5) Les solutions de la série 7 ont agi identiquement dans le cobaltage du fer, de l'acier et du laiton, métaux auxquels les conclusions susdites s'appliquent.

(6) Chaque fois qu'elles sont qualifiées satisfaisantes les couches de cobalt de la série 7 sont fermes, adhérentes, dures et uniformes, et peuvent prendre un fini satisfaisant au brunissage. Elles prennent un poli très accentué, à beau lustre, qui accuse une teinte légèrement bleuâtre quoique brillamment blanche.

Série 8:—Solutions au sulfate de cobalt, au citrate de potassium et au chlorure d'ammonium.

Ce bain est identique à celui que recommandent Langbein[1], Proctor[2], et W. Pfanhauser[3], et qu'on dit être tout particulièrement satisfaisant pour le placage du cuivre et du zinc. Langbein précise, pour la solution de nickel sur les alliages de cuivre et le cuivre, une densité de courant de 0·45 ampère au décimètre carré, et sur le zinc une densité de courant de 0·8 à 1 ampère au décimètre carré.

SOLUTION VIII A.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	26·3 grammes.
Citrate de potassium	17·6 "
Chlorure d'ammonium NH_4Cl	17·6 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	2·5 litres.

[1] Dr. Geo. Langbein, "Electrodeposition of Metals," 6e édition revisée.
[2] Metal Industry, 1911, p. 353.
[3] W. Pfanhauser, Elektroplattierung, 1900.

Données sur les expériences en placage, solution VIII A.

Anodes Moulées.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés	Durée du placage		Caractère de la plaque et remarques
1914 1 oct.	0·50	0·67	10	Laiton 34·8	2	0	Bonne couche uniforme, blanc bleuâtre, prenant facilement une surface de miroir au brunissage
1 oct.	0·50	0·97	10	Laiton 33·1	2	0	Même chose
30 juin	0·50	1·[illegible]	20	Laiton 27·3	3	0	Couche belle, brillante, dure, douce, après polissage
15 juillet	0·50	1·15	13	Laiton 37·1	1	30	Couche sombre au sortir du bain, mais se brunissant satisfaisamment.
2 oct.	0·95	1·50	10	Laiton 40·8	1	30	Couche douce, uniforme, grise, prenant facilement le miroitement au brunissage
2 oct.	1·0	1·36	10	Laiton 34·1	1	0	Couche douce, uniforme, grise, prenant facilement le miroitement au brunissage.
15 oct.	1·5	2·4	10	Laiton 35·3	1	0	Couche uniforme grise indiquant du brulé.
15 oct.	1·75	2·0	10	Laiton 30·6	0	45	Même chose.

La solution VIII B diffère de la solution VIII A en ce qu'elle est plus concentrée en $CoSO_4$.

SOLUTION VIII B.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	40·5 grammes.
Citrate de potassium	17·6 "
Chlorure d'ammonium (NH_4) Cl	17·6 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	1·0 litres

Données sur les expériences en placage, solution VIII B.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage		Caractère de la plaque et remarques
22 sept.	0·20	0·95	10	Zinc. 26·6	2	0	Presque partout cristalline, mais avec quelques petites étendues de couche douce
2 oct.	0·50	1·07	10	Laiton 39·6	2	0	Couche uniforme, douce, grise, prenant facilement le miroitement au brunissage
22 sept.	1·0	1·97	10	Laiton 34·7	1	0	Bonne couche douce, uniforme, un peu sombre, mais prenant bon poli au brunissage.
1 oct.	1·0	1·4	10	Laiton 34·7	1	0	Bonne couche douce uniforme, un peu sombre mais prenant bon poli au brunissage
1 oct.	1·25	1·75	10	Laiton 34·4	1	0	Couche uniforme blanche, miroitant au brunissage
23 sept.	1·5	2·67	10	Laiton 35·0		30	Bonne couche douce, uniforme, gris sombre, mais prenant bon poli. Légèrement brulée aux bords
1 oct.	1·5	2·15	10	Laiton 34·8	1	0	Couche uniforme, douce, blanche, un peu grêlée au sommet et brulée aux bords. Peu facilement bruni
2 oct.	1·75	2·35	10	Laiton 34·8	1	0	Couche douce uniforme grise, légèrement brulée aux bords et difficile à brunir
				Cathodes de zinc.			
5 oct.	0·20	0·80	10	Zinc 26·6	3	0	Couche douce uniforme métallique d'un gris sombre. Miroitant facilement au brunissage.
10 oct.	0·50	1·03	10	ibid.	2	0	De même. Agitation mécanique de la solution près de la cathode
6 oct.	0·75	0·95	10	Zinc. 25·6	3	0	Couche très rugueuse, écailleuse, dissatisfaisante. Agitation mécanique
21 sept.	1·0	1·4	10	Zinc. 26·6	1	0	Couche mauvaise, dépôt décidément cristalin. Nulle agitation.

Conclusions.

(1) Les cobaltages venant de ces solutions de sulfate de cobalt contenant du citrate de potassium et du chlorure d'ammonium, sont sur le fer et le laiton fermes, adhérentes, dures et uniformes et peuvent facilement se brunir à surface acceptablement finie. Ils prennent un poli très accentué donnant un beau lustre brillamment blanc quoique d'une nuance légèrement bleuâtre.

(2) Les soltuions VIII A et VIII B ne se prêtent ni l'une ni l'autre au cobaltage rapide comme les solutions I B et XIII B. La solution VIII A donne des couches satisfaisantes à toutes les densités de courant allant jusqu'à 1·0 ampère au décimètre carré, alors que la solution VIII B, plus concentrée en sulfate de cobalt, donne des couches satisfaisantes à toutes les densités, jusqu'à 1·25 ampère au décimètre carré. Ces chiffres s'appliquent au cobaltage du laiton et du fer.

(3) La solution VIII B peut plaquer le zinc à des densités faibl[illegible] courant, jusqu'à 0·50 ampère au décimètre carré surtout si la solut[illegible] agitée près de la cathode.

SÉRIE 9:—SOLUTIONS DE PHOSPHATE DE COBALT ET DE PYROPHOSPHATE DE SODIUM.

SOLUTION IX.

Phosphate de cobalt $CoHPO_4$	7·58 grammes.
Pyrophosphate de Sodium	66·1 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	3·5 litres.

Langbein[1] recommande une solution comportant 15·8 grammes de phosphate de nickel 66·1 grammes de pyrophosphate de sodium et 1000 c.c. d'eau pour le nickelage sombre du fer, du laiton et du cuivre. Cette solution est sensée très serviable lorsque les nuances plus sombres de nickel sont recherchées pour les fins de la décoration.

En essayant de préparer la solution parallèle de phosphate de cobalt, on a constaté que la solubilité du phosphate de cobalt était inférieure à celle du phosphate de nickel. La solution IX est saturée de phosphate de cobalt.

Le phosphate de cobalt préparé pour ce bain a été formé du mélange de deux solutions dont l'une contenant 30·0 grammes de $CoSO_4 \cdot 7H_2O$ dans 3·4 litres d'eau chaude, et l'autre 24·9 grammes de phosphate de sodium dans 3·4 litres d'eau. Ces deux solutions ont été mélangées par une agitation constante, et le phosphate de cobalt précipité a été filtré par la suite. Ces quantités ont donné 15·8 grammes de phosphate de cobalt.

Le bain final a été préparé par la dissolution du pyro-phosphate de sodium dans l'eau chaude, puis par l'adjonction du phosphate de cobalt, qui s'est dissous jusqu'à la proportion indiquée dans la solution IX, telle que déterminée par l'analyse, mais pas autant que Langbein le recommande pour le nickel.

Données sur les expériences en placage, solution IX.

Anodes Moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques.
1914 3 juillet	0·50	3·30	10	Laiton 27·3	1	30	Couche au sortir du bain couverte de précipité que se lave facilement. Brunie promptement et satisfaisamment.
29 sept.	0·50	3·03	10	Laiton 33 4	2	0	Couche sombre, striée. Composé gélatineux de cobalt percipité sur la surface de la cathode.
30 sept.	0·75	3·68	10	Laiton 34·1	2	0	Couche sombre, lustrée, striée. Précipité gélatineux comme susdit.
4 juillet	0·80	3·65	10	Laiton 27·3	2	0	Au sortir du bain, couche brillante et satisfaisante, sauf pour quelques taches noires, qui se brunissent facilement.
6 juillet	1·0	4·60	10	Laiton 27·3	1	30	Couche égale, douce, couverte d'un précipité bleuâtre au sortir du bain. Satisfaisante au brunissage.
7 juillet	1·0	5·0	20	Laiton 27·3	1	45	Couche noire, striée, dissatisfaisante.
30 sept.	1·0	4·35	10	Laiton 40·0	1	30	Sombre, striée, dissatisfaisante. Précipité gélatineux sur la cathode.

[1] Dr. Geo. Langbein, "Electrodeposition of Metals." 6e édition revisée, p. 258.

CONCLUSIONS.

(1) La solution IX n'est pas plus satisfaisante que la solution correspondante au phosphate de nickel pour le cobaltage sombre aux fins décoratives. Le voltage exigé aux densités modérées de courant est extrêmement élevé comparativement au voltage requis pour les autres solutions de cobalt qualifiées satisfaisantes.

(2) En présence du pyrophosphate de sodium, le phosphate de cobalt, tel qu'indiqué dans la solution IX, est moins soluble que le sel nickelien correspondant. De toutes les solutions étudiées, c'est la seule dans laquelle le bain de cobalt ne pouvait pas être rendu plus concentré en cobalt métallique que le bain parallèle de nickel, avec en conséquence une conductivité électrique plus accentuée et une densité possible plus élevée de courant pour le placage.

SÉRIE 10:—SOLUTION DE SULFATE DE COBALT-AMMONIUM AU MAGNÉSIUM

SOLUTION X.

Sulfate de cobalt	26·6 grammes.
Sulfate d'ammonium	22·6 "
Sulfate de Magnésium	33·8 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	2·5 litres.

Données sur les expériences en placage, solution X.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques
1914 29 juillet	0·30	0·70	10	Laiton 39·3	1	30	Couche de coloration blanche au sortir du bain, prenant facilement le miroitement au brunissage.
29 sept.	0·30	0·75	10	Laiton 36·6	2	0	Bonne couche blanche uniforme exigeant peu de brunissage pour miroiter.
30 sept.	0·40	0·87	10	Laiton 32·2	2	0	Même chose.
30 sept.	0·50	1·03	10	Laiton 35·2	1	30	Même chose.
6 juillet	0·50	1·54	15	Laiton 48·1	2	0	Couche brillante également étendue sauf certaines striures dans la partie métallique. Facilement brunie au miroitement.
16 juillet	0·50	1·1	14	Laiton 37·1	1	30	Couche brillante, uniforme sur toute la surface. Brunie facilement au miroitement satisfaisant.
29 juillet	0·50	1·15	10	Laiton 46·6	2	0	Couche de coloration blanche au sortir du bain facilement brunie au miroitement.
30 sept.	0·60	1·17	10	Laiton 34·3	1	30	Couche brillante uniforme sur toute la surface, facilement brunie au miroir
7 juillet	0·70	1·70	15	Laiton 48·1	2	0	Couche brillante également étendue sauf quelques striures au centre, se brunissant facilement au miroitement satisfaisant.
30 sept.	0·70	1·34	10	Laiton 34·8	1	30	Bonne couche blanche uniforme, exigeant peu de brunissage pour donner le miroitement.
7 juillet	0·70	1·30	15	Laiton 48·1	1	30	Couche satisfaisante, blanche, douce, égale, prenant facilement la surface de miroir au brunissage.
15 juillet	0·90	2·25	15	Laiton 37·1	1	0	Couche brillante et unie au centre, un peu brûlée aux bords.
7 juillet	1·0	2·25	15	Laiton 48·1	1	30	Couche brillante, rugueuse et inégale aux parties inférieures, sans indice de brûlé.
7 juillet	1·0	2·05	15	Laiton 39·3	15	0	Couche très épaisse, rugueuse, de coloration sombre, couverte de petits trous, mais adhérente.
9 juillet	1·0	2·10	15	Laiton 39·3	3	0	Grêlée et un peu brulée.
				Anodes laminés.			
16 juillet	0·5	1·0	14	Laiton 37·1	2	0	Couche brillante, douce, uniforme sur toute la surface.
16 juillet	0·8	1·05	15	Laiton 37·1	1	0	Couche brillante et douce sur toute la surface.
17 juillet	1·0	2·25	17	Laiton 37·1	1	0	Couche raisonnablement douce et brillante, mais d'aspect peu uniforme à parties plus sombres.
17 juillet	1·0	2·15	17	Laiton 37·1	1	0	Couche très douce, brillante et uniforme.

CONCLUSIONS.

(1) Les cobaltages faits à la solution X sur le laiton et le fer sont fermes, adhérents, durs et uniformes, et prennent une surface satisfaisante de miroir au brunissage, un poli très accentué au lustre splendide légèrement bleuâtre quoique brillamment blanc.

(2) On ne trouve pas, avec la solution de cobalt, la teinte jaunâtre douce qui se constate dans l'emploi de la solution X parallèle de nickel. Au contraire les placages sont superbement blancs et durs.

(3) La conductivité spécifique électrique de la solution X est de beaucoup plus accentuée que dans la solution correspondante de nickel.

(4) Tous les cobaltages déposés à une densité de courant variant de 0·25 à 0·75 ampère au décimètre carré sont doux, adhésifs, et d'ordinaire aussi satisfaisants que les meilleurs nickelages.

(5) La solution X ne se prête pas à des placages excessivement rapides comme les solutions I B ou XIII B, mais donne des placages satisfaisants à des densités de courant allant à 0·75 ampère au décimètre carré. On peut employer la solution X à des densités de courant bien plus fortes que celles de la solution correspondante de nickel, pour laquelle on recommande une densité de courant de 0·20 ampère au décimètre carré.

SÉRIE 11:—SOLUTIONS AU SULFATE DE COBALT, AU TARTRATE D'AMMONIUM ET A L'ACIDE TANNIQUE.

SOLUTION XI.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	25·0 grammes.
Tartrate d'ammonium $(NH_4)_2\,C_4H_4O_6$	41·7 "
Acide tannique $HC_{14}H_9O_9$	0·28 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	3·5 litres.

On obtient le tartrate neutre d'ammonium par la saturation d'une solution d'acide tartrique et d'ammoniaque. Le sel de cobalt devrait lui aussi être neutre. On prépare la solution par la dissolution des ingrédients ci-dessus dans une eau qui a subi environ quinze minutes de bouillée, puis on ajoute la quantité d'eau voulue pour avoir le volume; on filtre le tout.

Données sur les expériences en placage, solution XI.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques.
1914 7 juillet	0·30	1·5	25	Laiton 41·2	1 30	Cathode couverte d'une couche sombre absolument dissatisfaisante.

Cette solution précipitait constamment un composé de cobalt, soit au travail, soit au repos. Elles donnait le même dépôt dissatisfaisant qu'on indique pour l'épreuve ci-dessus, aux nombreuses densités de courant essayees.

CONCLUSION.

La solution XI n'est pas satisfaisante pour le cobaltage dans les conditions ordinaires de la pratique en placage.

SÉRIE 12:—SOLUTIONS AU SULFATE DE COBALT, À L'HYDRATE DE POTASSIUM ET À L'ACIDE TARTRIQUE.

SOLUTION XII.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	52·7 grammes.
Acide tartrique $H_2C_4H_4O_6$	27·8 "
Potasse caustique KOH	6·8 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	3·5 litres

On a dissous dans l'eau puis mélangé le sulfate de cobalt, l'acide tartrique et la potasse caustique, puis l'on a ajouté de l'eau pour former le volume voulu.

Données sur les expériences en placage, solution XII.

Anodes moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques.
1914 6 juillet	0·30	1·17	20	Laiton 37·1	2	0	Couche blanche, uniforme, veloutée. Prenant facilement surface de miroir au brunissage.
1 oct.	0·30	1·25	10	Laiton 39·5	2	0	De même.
29 sept.	0·39	1·25	10	Laiton 33·6	2	0	Couche douce uniforme sombre, donnant bonne surface de miroir au brunissage.
30 sept.	0·50	1·45	10	Laiton 34·6	2	0	Couche uniforme douce grise, donnant un fini satisfaisant au brunissage.
1 oct.	0·50	1·40	10	Laiton 34·8	2	0	De même.
2 oct.	0·50	1·53	10	Laiton 41·2	2	0	De même.
30 sept.	0·75	2·03	10	Laiton 39·1	1	30	Couche uniforme douce grise se brunissant satisfaisamment.
13 juillet	1·0	3·6	15	Lait[illegible] 37·[illegible]	1	30	Couche satisfaisante très égale.
2 oct.	1·0	2·18	10	Laiton 32·6	1	0	De même.
2 oct.	1·25	2·55	10	Laiton 32·9	1	30	De même.
3 oct.	1·50	2·86	10	Laiton 30·9	0	45	De même.
15 oct.	1·50	3·5	10	Laiton 34·6	1	0	De même.
15 oct.	1·96	4·25	10	Laiton 30·7	0	30	Couche blanche, bonne, douce, presque polie au sortir de la solution.
12 oct.	3·87	6·00	10	Laiton 34·0	0	15	De même.
12 oct.	4·0	3·95	10	Laiton 14·2	0	30	De même.
15 oct.	5·0		10	Laiton 13·0	0	20	De même.
15 oct.	6·0		10	ibid.	0	15	De même.
16 oct.	7·0	6·0	10	Laiton 9·9	0	10	De même.
17 oct.	8·0	4·9	10	Laiton 10·1	0	5	De même.
17 oct.	10·0	6·0	10	Laiton 10·6	0	7	De même.
17 oct.	12·0	5·5	10	Laiton 11·5	0	5	Placage brulé aux bords.
17 oct.	15·6	5·8	10	Laiton 9·3	0	5	Mal brulée aux bords—se fendille.
Anodes laminés.							
16 juillet	1·0	3·0	14	Laiton 37·0	1	30	Couche douce et uniforme, mais sombre. La solution qui a donné cette couche travaillait depuis 48 heures.

Conclusions.

(1) Les cobaltages venant de la solution XII, laquelle comporte simplement du sulfate de cobalt mis en présence de tartrate de potassium accusant un excédant d'acide tartrique, sont fermes, adhérents, durs et uniformes sur le laiton et le fer, et peuvent facilement se brunir à un fini satisfaisant, prenant un poli très accentué au lustre beau, lequel, tout en étant brilamment blanc, accuse une nuance légèrement bleuâtre.

(2) Tous les cobaltages venant de cette solution dans la sphère des densités de courant qualifiées satisfaisantes, sont doux, adhésifs, et généralement aussi satisfaisants que les meilleurs nickelages.

(3) La solution XII donne un placage extrêmement rapide comparativement aux solutions les plus vives du nickel. Elle donne des placages satisfaisants à toutes les densités de courant, jusqu'à 11·0 ampères au décimètre carré.

(4) La solution XII peut servir au placage du laiton, du fer et de l'acier, cathodes auxquelles ces conclusions s'appliquent exclusivement.

(5) Nous ne connaissons aucun bain de nickel qui travaille à une densité de courant approchant même la densité élevée de la solution de cobalt nº XII, dans les conditions de la pratique ordinaire en placage.

Série 13:—Solutions au sulfate de cobalt, au chlorure de cobalt et à l'acide borique.

La solution XIII A est identique à la solution que nous suggérait M. W.-S. Barrows, contremaître de la division du placage de la Russell Motor Car Company, Toronto, Ontario, comme satisfaisante et rapide pour le placage au nickel. La solution correspondante de cobalt a été préparée comme suit:—

SOLUTION XIII A.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	181·2 grammes.
Chlorure de Sodium $NaCl$	11·35 "
Acide borique	37·8 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	4 litres.

Cette solution n'est pas tout-à-fait saturée en sulfate de cobalt.

Données sur les expériences en placage, solution XIII A.

Anodes Moulés.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques.
1914 10 juillet	0·70	1·56	23	Laiton 37·1	1 30	Couche plutôt sombre au sortir du bain, exigeant peu de brunissage pour prendre un fini satisfaisant; ressemblant beaucoup au nickel en coloration.
10 juillet	0·70	1·56	23	Laiton 37·1	1 30	Même chose.
10 juillet	0·97	2·0	15	Laiton 37·1	2 0	Couche assez douce et uniforme, mais sombre.
11 juillet	1·0	1·8	16	37·1	2 0	Même chose.
11 juillet	1·0	1·87	15	Laiton 37·1	1 0	Bonne couche douce, uniforme, brillante, mais un peu striée dans la moitié supérieure de la plaque.
14 juillet	1·0	1·45	10	Laiton 37·1	1 30	Couche très douce et uniforme à la moitié inférieure, mais fortement striée dans la partie supérieure.
14 juillet	1·0	1·85	15	Laiton 37·1	1 0	Même chose.
14 juillet	1·0	1·7	13	Laiton 37·1	1 0	Solution constamment agitée par un bouillonnement d'air près de la cathode. Couche plus brillante et d'apparence plus métallique que les précédentes, mais très fendue et pelée.
15 juillet	1·0	1·9	12	Laiton 37·1	0 45	Couche très mauvaise, sombre, striée, et écailleuse.

SOLUTION XIII B.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$ .... 312·5 grammes.
Chlorure de sodium $NaCl$ .... 19·6 "
Acide borique .... presque saturé.
Eau .... 1000 c.c.
Bain total, approximativement .... 1·5 litres.

Cette solution est substantiellement saturée en sulfate de cobalt en présence des autres composants. Sa gravité spécifique est d'environ 1·24 à 15°C.

Données sur les expériences en placage, solution XIII B.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques.
2 oct.	0·50	1·02	10	Laiton 33·6	3 0	Couche uniforme, rugueuse, sombre, impossible à polir sans mouture.
2 oct.	0·75	1·23	10	Laiton 32·6	1 30	Couche douce uniforme grise, prenant difficilement un bon fini au brunissage.
3 oct.	1·0	1·53	10	Laiton 34·0	1 0	Couche uniforme sombre grise difficile à brunir.
5 oct.	1·25	1·75	10	ibid.	ibid.	Même chose.
6 oct.	1·50	1·25	10	Laiton 32·0	ibid.	Couche uniforme douce grise, se brunissant un peu plus facilement que les couches précédentes de la solution.
6 oct.	5·46	5·5	10	Laiton 34·8	0 30	Bonne couche douce blanche, se brunissant facilement à une surface de miroir.
6 oct.	6·0		10	Laiton 32·7	0 10	Bonne couche douce blanche, se brunissant facilement au miroitement.
10 oct. après une épreuve sévère de vieillissement décrite ci-dessous	6·15	6·0	10	Laiton 32·7	0 15	Même chose.
8 oct.	8·0	4·83	10	Laiton 17·6	0 12	Même chose.
9 oct.	8·0	6·0	10	fer 20·0	0 10	Bonne couche blanche douce se brunissant facilement à la surface de miroir. On a imposé à ce placage une dure épreuve de courbure, en le repliant sur lui-même à l'avant et à l'arrière à un angle de 180 degrés. Le métal s'est sillonné et fendu à la surface et aux bouts, mais le placage a adhéré.
ibid.	ibid.	ibid.	ibid.	ibid.	ibid.	Même chose.
8 oct.	8·8	6·5	10	fer 22·5	0 12	Bonne couche blanche douce, se brunissant facileme[illegible] au miroitement.
10 oct. après une épreuve sévère de vieillissement	8·88	5·90	10	Laiton 20·0	0 15	Bonne couche douce blanche, prenant facilement la surface de miroir au brunissage.
8 oct.	9·77	6·5	10	fer 22·5	0 12	Même chose.
15 oct.	10·7	6·3	10	fer 1·81	0 20	Même chose.
8 oct.	10·0		10	Laiton 17·6	0 5	Même chose.
8 oct.	14·6	6·5	10	Laiton 14·7	0 5	Même chose. La meilleure couche obtenue [illegible] la solution jusqu'aujourd'hui, b[illegible] que tous les placages à des densit[illegible] de courant de plus de 6 ampères ai[illegible] été bons.
13 oct.	16·5	5·7	10	Laiton 10	0 5	Bonne couche douce blanche se brunissant facilement à une surface de miroir. Placage excellent.
6 oct.	17·5	6·85	10	Laiton 10·6 plaque épaisse de Laiton	0 5	Même chose.

Suite

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques.
6 7 oct.	5·35	6·0	10	32 8	15 15	Couche ferme, adhérente, massive n'accusant aucune tendance à se fendre ou à se friser. Douce au centre, avec nodules aux bords. Poids d'environ 37 grammes; épaisseur approximative d'un millimètre.

La surface de la cathode effective a été augmentée de 32·8 centimètres carrés au commencement de l'épreuve à 40·0 centms carrés à la fin. Ce dernier chiffre n'est pas assez précis pour autoriser un calcul exact, mais les chiffres indiquent de façon générale que l'efficacité de courant était très élevée.

7 oct.	16·5	5·5	10	Laiton 10·0	17 30	Couche ferme, adhérente, massive, n'accusant aucune tendance à se fendre ou se friser. Poids d'environ 30 grammes.
13 oct.	5·26	6·0	10	Laiton circulaire 18·9	67 0	Couche ferme, adhérente, massive n'accusant aucune tendance à se fendre ou à se friser. Épaisseur d'environ 5 mms.

Placage sur cathodes de laiton, profondeur de rainures 1·62 mms à ; 0 mms, pour étudier les propriétés de "jet" de la solution.

7 oct.	9·0	5·5	10	Laiton 18·3	0 5	Couche bonne, douce, uniforme, blanche.
7 oct.	3·77	5·5	10	Laiton bloc 60·1 surface totale	0 10	Toutes les rainures satisfaisamment couvertes. Brunissant bien à la sur-surface de mir ir.

Rainures en façade vers l'anode, mais le bloc entier, le dos aussi bien que les rainures, se couvre assez satisfaisamment pour subir un brunissage sévère et satisfaisant après dix minutes seulement de placage.

7 oct.	3·83	·5	10	Laiton blocs 60·1 surface totale	0 20	Même chose

Même remarque que pour placage précédent.

Données supplémentaires sur les expériences en placage, solution XIII B.

Expériences faites aux ateliers de la Russell Motor Car Co.

Solution:

Eau—4 galls. $\frac{3}{4}$.	Ac. borique 3 lbs.	Acidité, fortement acide.
NaCl—15 onces $\frac{1}{2}$	Cristaux de sulfate de de cobalt 10 ocs. $\frac{1}{2}$.	Grav. spéc. 28·5 Be.
		Température 64.

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage. h.	m.	Caractère de la plaque et remarques.
2 nov.	6·5	4·25	5·0	Laiton 12	0	8	Couche douce dure, ferme, très adhérente; résiste à l'épreuve de courbure et de torsion. Brunie sur la roue brunisseuse en coton de 12" donnant 3600 T.P.M. avec pression à peu près la même que pour le fort nickelage. Pas d'indice de percement. Résultat splendide.
2 nov.	4·4	3·5	5·0	acier 28	1	0	Couche marbrée, brulée, impossible à brunir ou à polir à une surface satisfaisante. Solution remplie de parcelles d'acide borique.
2 nov.	3·2	3·5	5	Laiton 42·5	1	0	Couche nuageuse et marbrée aux bords, au centre très brillant, mais difficile à colorer. Mauvais placage.
			(Solution	*filtrée)*			
5 nov.	3·5	5	5	Calote de moyeu en Laiton 70	0	30	Couche très épaisse, sale, floconnée sur les côtés, brulée aux bords, rugueuse et impossible à colorer. Intérieur bien couvert (2½" profondeur).
6 nov.	9·0	4	5	Laiton 12	0	5	Grise, striée.
6 nov.	12·0	6	5	Laiton 12	0	5	Plus blanche, meilleure que la précédente.
6 nov.	13·1	4·5	2·5	Laiton 4	0	2	Couche blanche rude au centre; bords très brulés.
6 nov.	21·4	6	5	Cuivre [illegible]	0	2	Couche excellente de bonne épaisseur, angles légèrement craquelés. Couche sensible à l'ongle; brunissant à bonne coloration. Ne s'est pas fendue étant pliée sur elle-même
6 nov.	20·0	6·5	5	cuivre 4	0	2	Même chose.
9 nov.	6·9	4·5	5	Cuivre 9	0	15	Couche douce, dure, blanche, adhérente brunissant à bon fini.
11 nov.	8·3	4	5	acier ondulé 9·5	0	10	Meilleure couche jusqu'ici. Prenant un fini de miroir au brunissage sur toute la surface. Les rainures les plus profondes en bon état.
11 nov.	4·2	3·5	5	acier épais 28	0	50	Apparence satisfaisante au sortir du bain, mais s'écaille au centre une fois plongée danr l'eau chaude.
12 nov.	8·6	9	5	Laiton 16·5	0	1	Couche douce uniforme blanche, soutenant un dur brunissage. Se colorant facilement au fini de miroir.
12 nov.	8·6	8	5	calote de moyeu en Laiton 45	0	1	Couche douce, blanche, donnant un excellent fini au brunissage. Nul indice de défaut.
12 nov.	19·4	8	5	Laiton perforé 8	0	2	Beaux résultats; les parties hautes et basses parfaites.
12 nov.	19·4	8	5	même morceau 8	0	1	Pièce nettoyée immédiatement après placage, puis replaquée sur première couche Sans dépouillement. Nul indice de défaut venant de cette source.
12 nov.	9·7	6	5	ibid.	0	5	Couche splendide, colorée au frottement à la flannelle; endure un rigoureux brunissage après cette opération.

Suite

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts	Espacement des électrodes en cms	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques
12 nov.	10·7	4	5	ibid.	0 15	Terne de coloration boueuse au sortir du bain, prenant bon lustre facile au brunissage. Fond moins blanc qu'avec voltage plus fort.
17 nov.	16·8	6	5	fer moulé 18	0 1	Pièce brunie avec des boules d'acier de 400 lbs pendant 15 minutes. Bon fini. Nul indice d'usure à travers la couche. Moulage placé dans une eau acidulée (15 à 1) pendant 36 heures, puis desséchée. Nul indice de couchement défectueux; moulage resté en bon état.
17 Nov.	17·1	6·5	5	Laiton 12	0 1	Brunie sur roue de 10" donnant 3600 T.P.M. Fini excellent. Ne coupe par les lettres ou les parties saillantes.
17 nov.	19·4	ibid.	5	6 du même 72	0 1	Couche excellente
17 nov.	26·4	ibid.	5	Laiton 2·5	0 1	Couche splendide; dure, mais pliable. 200 pièces semblables plaquées de même façon par groupes d'une douzaine.
17 nov.	16·9	ibid.	5	plomb poli 12	0 5	Couche adhérente, dure, douce, et de bonne coloration, brunissant facilement. Ne casse pas au pliage. Plomb coupé en pièces sans écailler la couche.
18 nov.	16·8	ibid.	5	Britannia Metal 30	0 5	Couche très satisfaisante, adhérente et blanche.
18 nov.	16·8	ibid.	5	Lame d'acier 33·3	0 5	Pas aussi blanche qu'on le désire, mais bonne couche sous les autres rapports.
19 nov.	17·0	6	5	German silver 10	0 2	Couche excellente.
19 nov.	16·8	6·5	5	Étain 15	0 5	Cette couche a subi tous les mauvais traitements imaginables, et s'est facilement colorée au petit brunisseur
20 nov.	16·3	ibid.	5	calote de moyeu en laiton 45	0 3	Brunie à un beau fini. Exigeait un brunissage rigoureux sur roue tournant à 1500 T.P.M. pour être coupée, apparemment égale au nickelage d'une heure.
20 nov.	17·0	ibid.	5	Laiton 10	0 1	Cent pièces plaquées et brunies en moins d'une heure, prêtes au magasin.
20 nov.	17·0	ibid.	5	Laiton 60	0 1	
23 nov.	16·8	6	5	tube d'acier 18	0 15	Tube étiré de 1" à ¾", bruni et trouvé parfait, puis tiré à ½", rebruni et constaté toujours parfait.

Suite

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Écartement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques.
23 nov.	11·6	6	5	Britannia metal oxidé 12	15	15	Le coin fut tout simplement lavé à l'alcool rincé à l'eau et placé dans le bain de cobalt. Un courant de 15 ampères fut passé dans la solution durant dix minutes, pendant que la cathode était tenue constamment en mouvement. Le courant fut alors réduit à 9 ampères et la cathode étroitement surveillée durant l'heure qui suivit. Bain relié au circuit de batterie et laissé au travail toute la nuit. Le dépot résultant était doux au centre, les bords rugueux, mais solides; façade du coin en bel état. La couche n'a pas frisé ou ne s'est pas levée du coin principal pendant l'épreuve. Couche d'environ 3/32" Travail extraordinaire pour le coinçage
		(14 pouces carrés de surface d'anode)		1/32"			
24 nov.	21·1	6·5	5	Laiton 4	0	5	Couche splendide, belle coloration après brunissage.
24 nov.	16·8	6·5	2·5	Laiton 12	0	5	Couche ferme, rude, adhérente, de coloration blanche, commençant à noircir aux bords, les bords une fois huilés à l'émeri, la surface entière fut brunie à fini excellent.
25 nov.	20·0	6·5	5	Laiton 4	0	10	Couche adhérente, blanche, douce, prenant un fini facile au brunissage.

Note.—Pour transformer les ampères au décimètre carré en ampères au pied carré, multiplier par 9·3.

Épreuve de vieillissement, solution XIII B.

	Grammes de cobalt par 100 c.c. de solution.	Acidité de solution.
Solution, après placage comme susdit dans le tableau jusqu'au 6 octobre 1914, environ deux heures........	8·55	Fortement acide au litmus.
Solution après 15 heures 15 minutes de travail supplémentaire déposant environ 37·0 grammes à la densité de courant de 5·35 ampères au décimètre carré, 7 octobre..........	8·40	Même chose.
Solution, après 17h. 15m. de travail supplémentaire, déposant environ 30 grammes à une densité de courant de 16·5 ampères au décimètre carré, 8 octobre............	8·20	Fortement acide au litmus.

8 octobre. Après toutes les épreuves ci-dessus, on obtenait une bonne couche douce, blanche, à 15·4 ampères au décimètre carré en cinq minutes, et on lui donnait facilement une surface de miroir au brunissage.

Solution, après quinze heures de placage supplémentaire à 11 ampères au décimètre carré, déposant environ 40 grammes, 9 octobre.....	8·30	Fortement acide, au litmus.
Solution, après seize heures de placage supplémentaire à 5·0 ampères au décimètre carré, 10 octobre.......	7·95	Même chose.
Solution après 67 heures de placage supplémentaire à 5·26 ampères au décimètre carré, 13 octobre.........	7·59	Même chose.

13 octobre. On obtenait, après toutes les épreuves susdites, une bonne couche douce et blanche à 16·5 ampères au décimètre carré, en cinq minutes, et on lui donnait facilement une surface de miroir au brunissage.

Ces épreuves de vieillissement ont été faites avec des densités très fortes de courant à l'anode, de sorte que la solution s'est remarquablement bien comportée dans les circonstances.

Épreuves d'efficacité de courant, solution XIII B.

Épreuve N° I.

Densité approximative de courant............	1·2 amp au déc. carré.
Surface de cathode, laiton poli des deux côtés..	35·0 cms, carrés.
Durée de l'épreuve........................	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain................	0·435 amp.
Poids théorique du cobalt déposé............	0·478 grammes.
Poids de cathode avant placage..............	30·9971 "
" " après "	31·4783 "
Cobalt déposé..........................	0·4812 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot481}{0\cdot478} = 100\cdot0\%$$

Épreuve N° II.

Densité approximative de courant............	1·0 amp. au déc. carré.
Surface de cathode, laiton poli des deux côtés....	32·4 cms. carrés.
Durée de l'épreuve........................	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain................	0·324 amp.
Poids théorique du cobalt déposé............	0·356 grammes.
Poids de cathode avant placage..............	23·2262 "
" " après "	23·5825 "
Cobalt déposé..........................	0·3563 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{0\cdot356}{0\cdot356} = 100\cdot0\%$$

Épreuve N° III.

Densité approximative de courant	5·0 amp. au déc. carré
Surface de cathode, laiton poli des deux côtés .	18·2 cms. carrés.
Durée de l'épreuve....	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain . ..	0·922 amp.
Poids théorique du cobalt déposé.. ..	1·012 grammes.
Poids de cathode avant placage	27·9628 "
" " après "	28·9726 "
Cobalt déposé........	1·009 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT } \frac{1\cdot009}{1\cdot012} = 99\cdot6$$

SOLUTION XIII C.

Sulfate de nickel $NiSO_4$........	312·5 grammes.
Chlorure de sodium $NaCl$....	19·6 "
Acide borique H_3BO_3............	presque saturé.
Eau..................................	1000 c.c.

Ce bain est le bain parallèle de nickel de XIII B.

Données sur les expériences en placage, solution XIII C.

[illegible]	[illegible] amp. [illegible] décimètre carré.	Énergie [illegible] en volts	Espacement des électrodes en cms	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.	Caractère de la plaque et remarques
15 oct.	3·[illegible]	5·3	10	Laiton 33·8	0 20	[illegible]onne couche douce, uniforme, presque [illegible] au sortir de la solution.
15 oct.	5·9	[illegible]·7	10	La[illegible] 13·[illegible]	0 [illegible]	[illegible] douce, blanche, mais se fendil-[illegible]x bords
15 oct	7·76		10	La[illegible] 12		[illegible]

Conc[illegible]

(1) Les résultats de cette série dé[illegible] l'extrême importance de la bonne concentration des solutions de [illegible] de cobalt. La solution XIII A est impropre aux fins du placage à une densité quelconque de courant essayée. La solution XIII B, solution plus concentrée du même genre, est la solution la plus parfaitement satisfaisante que nous ayions trouvée pour un grand nombre d'usages. Nous ne connaissons pas de solution de placage au nickel qui soit seulement comparable à la solution XIII B quant à la nature du travail qu'elle produit, de même que pour les très hautes densités de courant auxquelles la solution sera en mesure de manifester sa puissance. Il est possible, en ayant recours à la solution XIII B, de se procurer en cinq minutes et même moins, une couche qui pourra soutenir toutes les épreuves industrielles physiques ordinaires et pourra se polir aussi facilement que tout placage qui aura nécessité une heure de travail d'après la méthode ordinaire des bains de placage au nickel.

(2) Les cobaltages obtenus au moyen de cette simple solution de sulfate de cobalt mis en présence du chlorure de sodium et de l'acide borique (solution XIII B) sur le cuivre et le fer, sont fermes, adhérents, durs et uniformes, et peuvent facilement être amenées à une surface suffisamment polie. Elles prennent un très beau poli d'un lustre supérieur qui accuse un ton légèrement bleuâtre quoique d'un blanc brillant.

(3) La conductivité spécifique électrique de la solution XXII B est de beaucoup plus élevée que celle de la solution correspondante de nickel.

(4) La solution XIII B ne donne pas le meilleur placage à des densités faibles de courant, c'est-à-dire à une densité de courant avoisinant 0·50 à 1·0 ampère au décimètre carré, qui constitue l'échelle ordinaire pour le nickelage. La solution XIII B commence à donner d'excellents résultats à une densité de courant qui se rapproche de 3·5 ampères au décimètre carré, et persiste à donner des placages satisfaisants à toutes les densités jusqu'à 1·75 ampère au décimètre carré. Ceci équivaut à une densité de de courant de plus de 160 ampères au pied carré; et même à cette vitesse, les bornes de la solution n'ont pas encore été atteintes. Des épreuves industrielles plus récentes (voir page 73) démontrent que des vitesses même plus grandes peuvent être mises en jeu dans les conditions de la pratique en placage.

(5) Tous ces cobaltages obtenus dans la vaste sphère des densités de courant qualifiées de satisfaisantes pour la solution XIII B, sont aussi doux, adhérents et généralement satisfaisants que les meilleurs nickelages.

(6) La teneur en cobalt et l'acidité de la solution XIII B n'en change pas notablement quand la solution a subi un long emploi à des densités de courant atteignant jusqu'à 1 ampère au décimètre carré. Elle n'a accusé qu'une diminution graduelle en teneur en cobalt dans les conditions les plus rigoureuses de l'épreuve de vieillissement décrite ci-dessus. Nous ne connaissons aucune solution de cobalt ou de nickel qui aurait même un semblant de résistance aussi forte dans les conditions de cette épreuve de vieillissement.

(7) Nous ne connaissons aucun bain de nickel agissant dans les conditions du placage industriel ordinaire qui puisse servir à une densité de courant approchant même de loin celle de la solution XIII B. (Voir épreuves industrielles, page 58).

(8) La solution XIII peut cobalter le laiton, le fer et l'acier, auxquels les conclusions ci-dessus s'appliquent.

(9) La solution XIII B peut précipiter une couche épaisse de cobalt. Ces couches peuvent être précipitées à l'épaisseur voulue, et restent fermes, adhérentes, massives et d'une très grande dureté; elles n'accusent aucune tendance à se rouler ou à se fendre.

(10) On peut obtenir des placages épais par la solution XIII B à bien meilleur compte que par la solution XV, qui a été brévetée à ces fins, si l'on fait intervenir le nickel, c'est-à-dire qu'on peut obtenir les cobaltages épais avec la solution XIII B à des densités de courant de 5 ou 6 ampères au décimètre carré, alors que la solution XV ne travaille qu'à de faibles densités de courant, disons à 0·30 ampères au décimètre carré. Si l'on emploie une densité de courant supérieure à 6 ampères au décimètre carré dans le travail de la solution XIII B à des fins de placage épais dans les conditions de nos bains et selon leurs dimensions, on constate la formation d'arbres sur la cathode.

(11) Nos expériences démontrent que la solution XIII B "jette" très satisfaisamment.

(12) Il faut signaler au nombre des propriétés satisfaisantes de cette solution remarquable une efficacité de courant excessivement élevée, que

nous avons constatée à 1·0 et 5·0 ampères au décimètre carré, donner près de 100 pour cent.

(13) La solution XIII C, parallèle nickelienne de la solution XIII B, donne des placages satisfaisants jusqu'à environ 5 ampères au décimètre carré, mais accuse du fendage à des densités plus fortes de courant. La solution XIII C de nickel ne possède pas les qualités remarquables de sa parallèle cobaltienne XIII B, bien qu'elle constitue plutôt un perfectionnement quant aux autres solutions classiques de nickel.

(14) La solution XIII B exige peu de vieillissement. Elle fonctionne bien dès les débuts, presque.

(15) La solution XIII B est si remarquable dans ses propriétés qu'on a cru très utile de la développer davantage dans des conditions industrielles. Voir épreuves industrielles des pages 72-75 et 58-60.

SÉRIE 14: SOLUTIONS AU SULFATE DE COBALT, AU SULFATE D'AMMONIUM, ET À L'ACIDE BORIQUE.

SOLUTION XIV.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	37·5 grammes.
Sulfate d'ammonium $(NH_4)SO_4$	21·7 "
Sulfate de Magnésium $MgSO_4$	3·3 "
Acide borique H_3BO_3	12·1 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	3·5 litres.

Données sur les expériences en placage, solution XIV.

Anodes moulés

Date de l'expérience.	Densité de courant dans les ampères par décimètre carré.	Énergie électromotive en volts.	Espacement des électrodes en cms.	Aire de la cathode en cms carrés.	Durée du placage.		Caractère de la plaque et remarques
1 oct.	0·50	1·05	10	Laiton 32·4	2	0	Couche uniforme, douce, blanche, prenant facilement surface de miroir au brunissage
1 oct.	1·25	1·92	10	Laiton 35·3	1	0	Même chose.
2 oct.	1·50	2·20	10	Laiton 35·3	1	0	Même chose
2 oct.	1·75	1·68	10	Laiton 18·5	0	45	Même chose
2 oct.	2·0	1·55	10	Laiton 11·1	1	30	Même chose.
2 oct.	2·5	1·77	10	Laiton 11·3	1	30	Même chose.
3 oct.	3·0	2·47	10	Laiton 17·2	0	30	Même chose
5 oct.	3·0	3·32	10	Laiton 19·6	0	20	Couche uniforme, douce, blanche, légèrement brulée aux bords
3 oct.	3·51	2·88	10	Laiton 16·8	0	30	Couche uniforme douce blanche, prenant facilement la surface de miroir au brunissage
5 oct.	4·0	2·98	10	Laiton 13·3	0	20	Couche uniforme douce blanche, légèrement brulée aux bords.

Épreuves d'efficacité de courant, solution XIV.

Épreuve No I.

Densité approximative de courant...........	1·0 amp. au déc. carré.
Surface de cathode—laiton poli des deux côtés	51·0 cms. carrés.
Durée de l'épreuve.........................	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain..................	0·513 amp.
Poids théorique du cobalt déposé............	0·564 grammes.
Poids de cathode avant placage..............	61·8019 "
" " après "	62·3503 "
Cobalt déposé..............................	0·5484 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT} \quad \frac{0{\cdot}548}{0{\cdot}564} = 97{\cdot}2\%$$

Épreuve No II.

Densité approximative de courant............	1·0 amp. au déc. carré.
Cathode—laiton poli des deux côtes...........	40·0 cms. carrés.
Durée de l'épreuve..........................	1 hr. 0 min.
Courant moyen dans le bain.................	0·402 amp.
Poids théorique du cobalt déposé............	0·442 grammes.
Poids de cathode avant placage..............	57·6491 "
" " après "	58·0746 "
Cobalt déposé	0·4255 "

$$\text{EFFICACITÉ DE COURANT} \quad \frac{0{\cdot}426}{0{\cdot}442} = 96{\cdot}3\%$$

Conclusions.

(1) Les cobaltages faits à la solution XIV sur le fer et le laiton sont fermes, adhérents, durs et uniformes et se brunissent facilement à une surface de miroir; ils prennent un poli très accentué d'un beau lustre légèrement bleuâtre tout en étant brillamment blanc.

(2) La solution XIV donne des placages satisfaisants à toutes les densités de courant allant jusqu'à environ 3 ampères au décimètre carré.

(3) L'efficacité de courant de la solution XIV est satisfaisamment élevée, accusant dans le voisinage de 96 ou 97 pc.c. dans les conditions de nos expériences.

(4) Tous les cobaltages faits à la solution XIV dans la sphère des densités de courant données comme satisfaisantes sont aussi doux, adhérents et généralement satisfaisants que les meilleurs placages au nickel.

Série 15:—Solutions au sulfate de cobalt-ethyl, au sulfate de sodium, au chlorure d'ammonium.

SOLUTION XV.

Cette solution est la parallèle cobaltienne d'une solution de nickel brévetée par le docteur G. Langbein et Cie de Leipsic, Allemagne[1]. L'in-

[1] Kaiserliches Patenamt Patentschrift N 134736 K l 48a [illegible]

venteur prétend que cette solution donne des couches de nickel très denses, dures, uniformes, et surtout des "couches de toute épaisseur voulue si le bain est constamment agité par des moyens mécaniques ou par l'intervention de l'hydrogène." Il n'est pas naturellement permis d'agiter ce bain à l'air, car il s'ensuivrait une oxydation.

Sulfate de cobalt-éthyl	100 grammes.
Sulfate de sodium	10·0 "
Chlorure d'ammonium	5·0 "
Eau	1000 c.c.
Bain total	2 litres.

Nous avons fait une série de cobaltages à la solution XV selon diverses densités de courant, avec ou sans agitation mécanique et pendant des durées différentes. On a constaté d'après ces expériences que l'agitation mécanique des bains de cobalt n'était pas nécessaire comme pour les bains de nickel, et que même elle faisait toujours craqueler le placage.

L'une des dépositions a été continuée durant huit jours consécutifs de vingt-quatre heures, période après laquelle on trouva une couche uniforme, dense, dure et satisfaisante. L'épaisseur de cette couche était d'environ un demi millimètre. Elle avait été déposée à une densité de courant de 0·30 ampères au décimètre carré.

Cette couche n'était pas naturellement aussi dure à cette dernière densité de courant que quelques unes des couches épaisses obtenues par la solution XIII B, qui avaient été déposées à des densités de courant bien plus fortes.

CONCLUSIONS.

(1) On peut obtenir des cobaltages denses, durs et uniformes dans une solution de sulfate de cobalt-éthyl préparée comme la solution XV et sans agitation mécanique du moment que la densité de courant est basse, ne dépassant pas 0·30 ampères au décimètre carré.

(2) Pour des cobaltages épais dans lesquels la densité, la dureté et la vitesse de la déposition est importante, la solution XV n'est pas tout-à-fait aussi satisfaisante que la solution XIII B. Toutefois la solution au sulfate de cobalt-éthyl dépose le cobalt plus satisfaisamment que la solution correspondante au sulfate de nickel-éthyl ne dépose le nickel.

SÉRIE 16:—SOLUTIONS AU SULFATE DE COBALT, AU SULFATE D'AMMONIUM, AU CHLORURE D'AMMONIUM ET À L'ACIDE BORIQUE.

SOLUTION XVI A.

Ce bain est préparé comme suit:

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	90·7 grammes
Sulfate d'ammonium $(NH_4)_2SO_4$	27·6 "
Chlorure d'ammonium NH_4Cl	15·0 "
Acide borique H_3BO_3	5·2 "
Eau	1000 c.c.

On a neutralisé le bain avant l'usage par l'addition d'un peu d'ammoniaque.

La solution XVI A et son identique XVI B (sauf que l'on y substitue du sulfate de nickel au sulfate de cobalt) ont toutes deux servi à une série prolongée d'expériences en placage. Toutes deux ont donné des placages

satisfaisants à de faibles densités de courant, mais les couches se sont fendues et brulées lorsque les densités de 1·0 ampère ou plus au décimètre carré furent atteintes.

On comprenait en préparant la présente solution qu'une plus forte densité de courant pourrait servir si la teneur en métal était augmentée, comme on l'avait déjà fait plusieurs fois. Cette solution, au contraire d'un bon nombre d'autres qui ont été expliquées n'admettait pas toutefois une forte augmentation de la teneur en cobalt sans accuser des effets troublants de cristallisation dans le bain.

Une solution contenant 150 grammes de sulfate de cobalt ammonium $CoSO_4 \cdot (NH_4)_2 SO_4$, avec excédant de 11·3 grammes de sulfate de cobalt $CoSO_4$, précipitait un composé rouge sur l'anode.

La solution XVI A et son identique nickelienne ont été synchronisées en séries, et l'on a remarqué particulièrement dans toute la série une plus grande dureté de cobaltage que de nickelage.

On a fait des épreuves de densité de courant avec ces solutions; elles accusent environ 90 pour cent, mais on ne les a pas jugées assez importantes pour justifier une étude bien soigneuse.

Conclusions.

(1) Les placages à la solution XVI A et à la solution au nickel correspondante sont satisfaisants à des densités de courant inférieures à l'ampère au décimètre carré. Les deux solutions ratent à des densités plus fortes de courant.

(2) Une solution du genre de la série 16 ne peut pas être préparée à une concentration beaucoup plus forte que celle de la solution XVI A sans donner une cristallisation ennuyeuse. La série 16 n'offre donc pas une solution de cobaltage très concentrée et rapide.

(3) Les cobaltages obtenus à la solution XVI A sur le fer et le laiton sont fermes, adhérents, durs et uniformes, et peuvent être brunis de façon satisfaisante à une surface de miroir dans la sphère recommandée des densités de courant. Ils prennent un très beau poli à lustre superbe un peu bleu quoique brillamment blanc.

(4) Les cobaltages de la solution XVI A sont beaucoup plus durs que les nickelages de la parallèle XVI B. On a remarqué cela dans toutes nos expériences en placage, mais on l'a surtout constaté dans le cas présent où les placages ont été synchronisés en série.

(5) La conductivité spécifique électrique de la solution XVI A est de beaucoup plus haute que celle de la solution correspondante au nickel XVIB.

(6) Les efficacités de courant des deux solutions au cobalt et au nickel de la formule XVI A sont dans le voisinage de 90 p.c. dans les conditions de nos expériences.

VOLTAGES DE DÉCOMPOSITION ET POLARISATION.

Dans tout le présent travail, chaque fois que nous avons constaté qu'un bain donné de cobalt plaquait à une densité plus forte de courant que la solution correspondante de nickel, à la même énergie électromotive, nous avons attribué ce fait à la plus forte conductivité, spécifique électrique de la solution de cobalt. Cette vérité s'est appliquée à presque toutes les solutions que nous avons étudiées, car nous avons découvert qu'une solution de cobalt à voltage inférieur donnait une densité plus forte de courant que la solution correspondante de nickel.

Il n'est pas naturellement nécessaire que la cause de cette condition soit la conductivité plus forte de la solution de cobalt, car il peut se faire qu'il existait une énergie électromotive de polarisation dans le circuit, vu les conditions de ces expériences pratiques de placage, plus forte pour les solutions de nickel que pour les solutions correspondantes de cobalt.

Bien qu'il n'existât aucune raison de soupçonner quelque irrégularité dans nos expériences, et alors que normalement l'énergie électromotive de polarisation dans les solutions de cobalt et de nickel employées avec des anodes solubles de nickel ou de cobalt, et encore dans le placage au cobalt et au nickel, put être négligeablement faible, nous avons tout de même fait quelques expériences sur ce point après quelques instants d'épreuve.

Pendant que nous faisions ces épreuves sur les cellules-cobalt-électrolyte-cobalt, et nickel-électrolyte-nickel, dans les conditions de nos expériences en placage, nous avons cru utile de mesurer les voltages relatifs de décomposition des solutions normales au sulfate de cobalt ou au sulfate de nickel.

Méthode de mesurage.

En vue de ces mesurages, la cellule a été placée en séries avec un mesureur convenable de résistance régularisante et un milliammètre sur des batteries de réserve capables de donner une énergie électromotive allant jusqu'à 8 volts. Un voltmètre a été relié sur les électrodes de la cellule. Un commutateur soigneusement fait et proprement agencé pour le travail précis et rapide a été placé sur le circuit maître, et une clef a été de même placée sur le circuit du voltomètre. La méthode de lecture de la polarisation comportait l'ouverture du commutateur de la ligne d'une main et la fermeture du commutateur allant au circuit du voltomètre de l'autre main. Il y avait naturellement un lapse appréciable entre l'ouverture du premier commutateur et la fermeture du second de façon que la valeur réelle de la polarisation fut un peu plus forte que les valeurs inscrites. De plus le voltmètre exige un certain courant, quelque faible qu'il soit, pour fonctionner, ce qui diminuait un peu les valeurs réelles une fois répertoriées.

Toutefois, l'amplitude des voltages répertoriés dans ces mesurages est si grande que l'erreur, dans la plupart des cas est relativement faible, et de plus le but primordial de l'heure actuelle est de comparer les valeurs de polarisation du sulfate de nickel et du sulfate de cobalt.

Données Voltages de décomposition et polarisation.

$CoSO_4$ et $NiSO_4$

Les diagrammes (figures I à IV) qui suivent sont des répertoires des mesurages des voltages imprimés, des voltages et courants de polarisation, tels que déterminés par la méthode de mesurage cidevant indiquée. Dans chaque cas un double assortiment de chiffres a été pris, le double s'accordant étroitement avec les chiffres indiqués ici.

Les électrodes de platine qui ont servi à ces expériences de polarisation mesuraient 2" de profondeur et 1" de largeur.

On peut tirer les conclusions suivantes des calculs, figures I à IV:

Conclusions.

(1) Dans les conditions de nos expériences la pression de décomposition du sulfate normal de cobalt est d'environ 2·46 volts alors que la correspondance du sulfate normal de nickel est d'environ 2·41 volts

(2) La polarisation des solutions de cobalt et de nickel dans les conditions du bain de placage, où les anodes et les cathodes sont repectivement en cobalt ou en nickel, est négligeablement faible, et ne diffère pas beaucoup en amplitude dans les deux cas.

(3) Nous avons découvert, dans toutes ces recherches, que l'avantage des solutions de cobalt sur les solutions correspondantes de nickel, en tant qu'une densité de courant sera produite avec le cobalt à une énerige électromotive beaucoup plus faible que pour le nickel, vient de la conductivité spécifique électrique plus accentuée des solutions de cobalt, et non pas de quelque effet de polarisation.

ÉPREUVES INDUSTRIELLES FAITES AVEC LES SOLUTIONS I B ET XIIIB.

Vérification des résultats de placage au sens industriel.

Les auteurs ont cru que les résultats obtenus avec la solution I B et plus tard avec la solution XIII B étaient si extraordinaires et d'une si grande importance qu'il était opportun de les vérifier et de les développer plus à fond selon les conditions classiques de l'industrie. On s'entendit donc avec la Russell Motor Car Company, de Toronto, Ontario, et principalement avec M. W.-S. Barrows, contremaître électro-plaqueur de la même compagnie, pour faire fonctionner un bain de placage selon les conditions classiques industrielles à l'usine, avec la solution I B et plus tard avec la solution XIII B.

M. Barrows possède vingt ans d'expérience en électroplacage de toute catégorie, en quoi il s'est tout particulièrement spécialisé. Il a étudié ces deux solutions strictement au point de vue de leur utilité industrielle.

Les auteurs se jugent très heureux de pouvoir exprimer leur reconnaissance à la Russell Motor Car Company et à M. W.-S. Barrows pour leur collaboration, et tout particulièrement à M. Barrows pour la façon soigneuse, vigoureuse et consciencieuse dont il a sousmis les solutions et placages aux diverses épreuves exigées, afin d'établir leur importance et leur valeur industrielles.

SOLUTION I B.

Les auteurs ont envoyé à M. Barrows des sels identiques à ceux qui avaient servi dans le laboratoire, avec instructions pour la préparation de la solution I B analogue à la préparation donnée et qu'on décrit à la page 14.

Anodes.

On a moulé au laboratoire d'ici des anodes de cobalt de la grosseur voulue par M. Barrows pour sa propre cuvette, puis on lui a expédié ces anodes destinés à ses expériences. Ils donnaient l'analyse suivante:

Co	98·75
Ni	néant
Fe	1·35
As	néant
P	0·0067
S	0·052
C	0·061

Les anodes employés dans le bain avaient une surface d'environ un pied carré.

Figure I

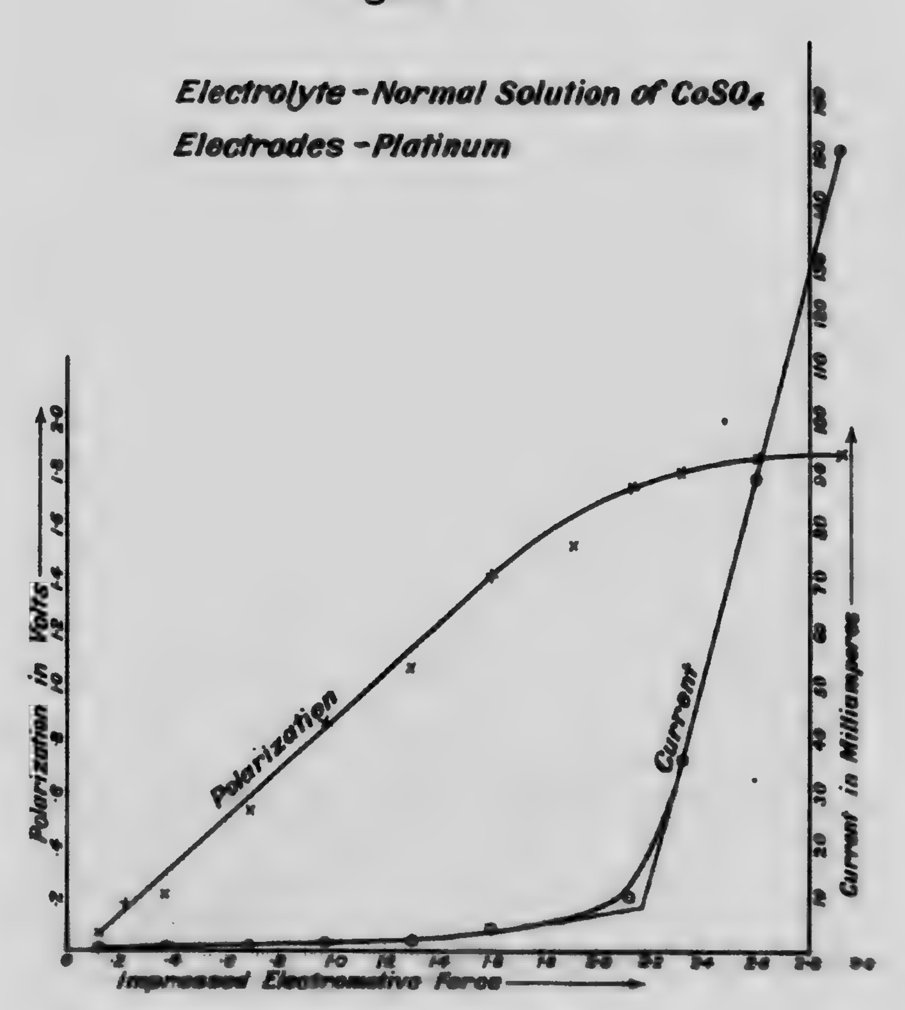


Diagramme indiquant les voltages de décomposition et la polarisation de $CoSO_4$, avec électrode de platine.

Figure II

Electrolyte - Normal Solution of $CoSO_4$
Electrodes - Cobalt

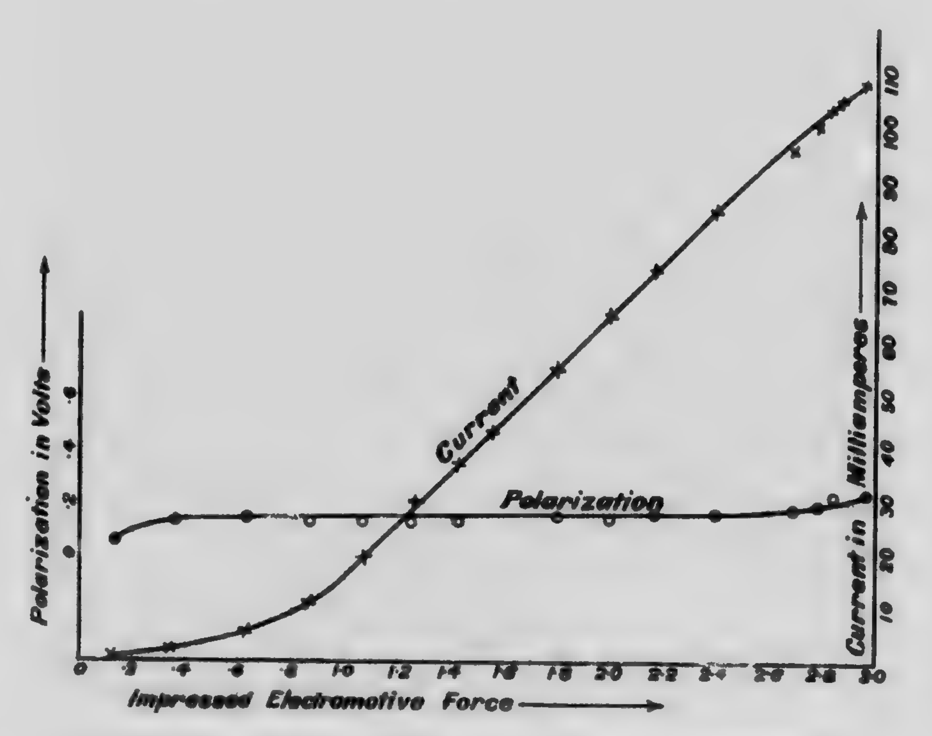


Diagramme indiquant les voltages de décomposition et la polarisation de $CoSO_4$ avec électrodes de cobalt.

Figure III

Electrolyte - Normal $NiSO_4$
Electrodes - Platinum

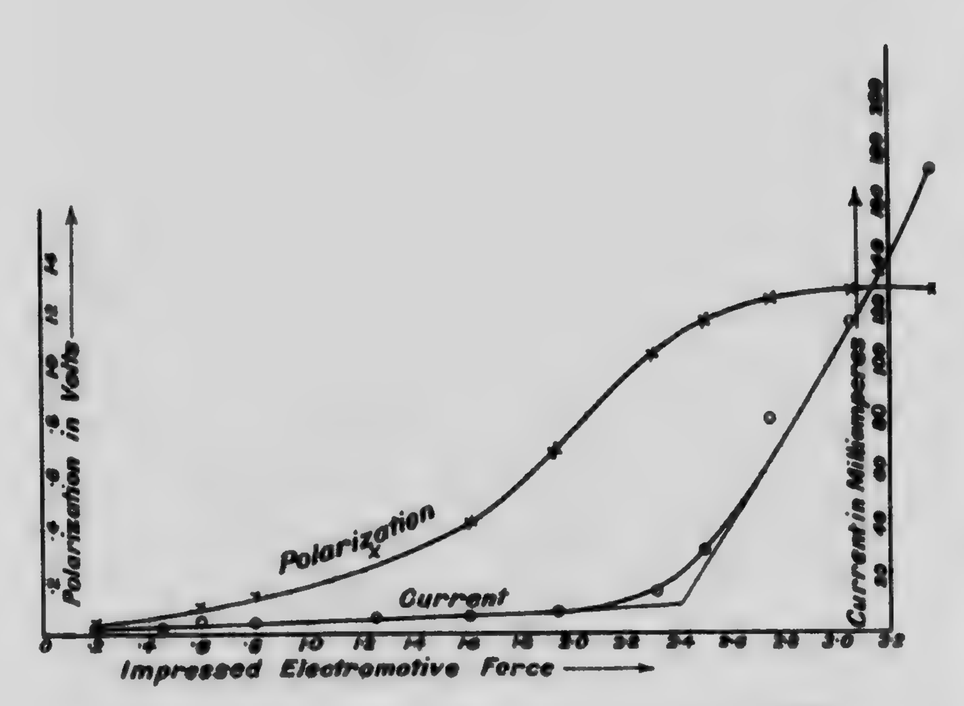
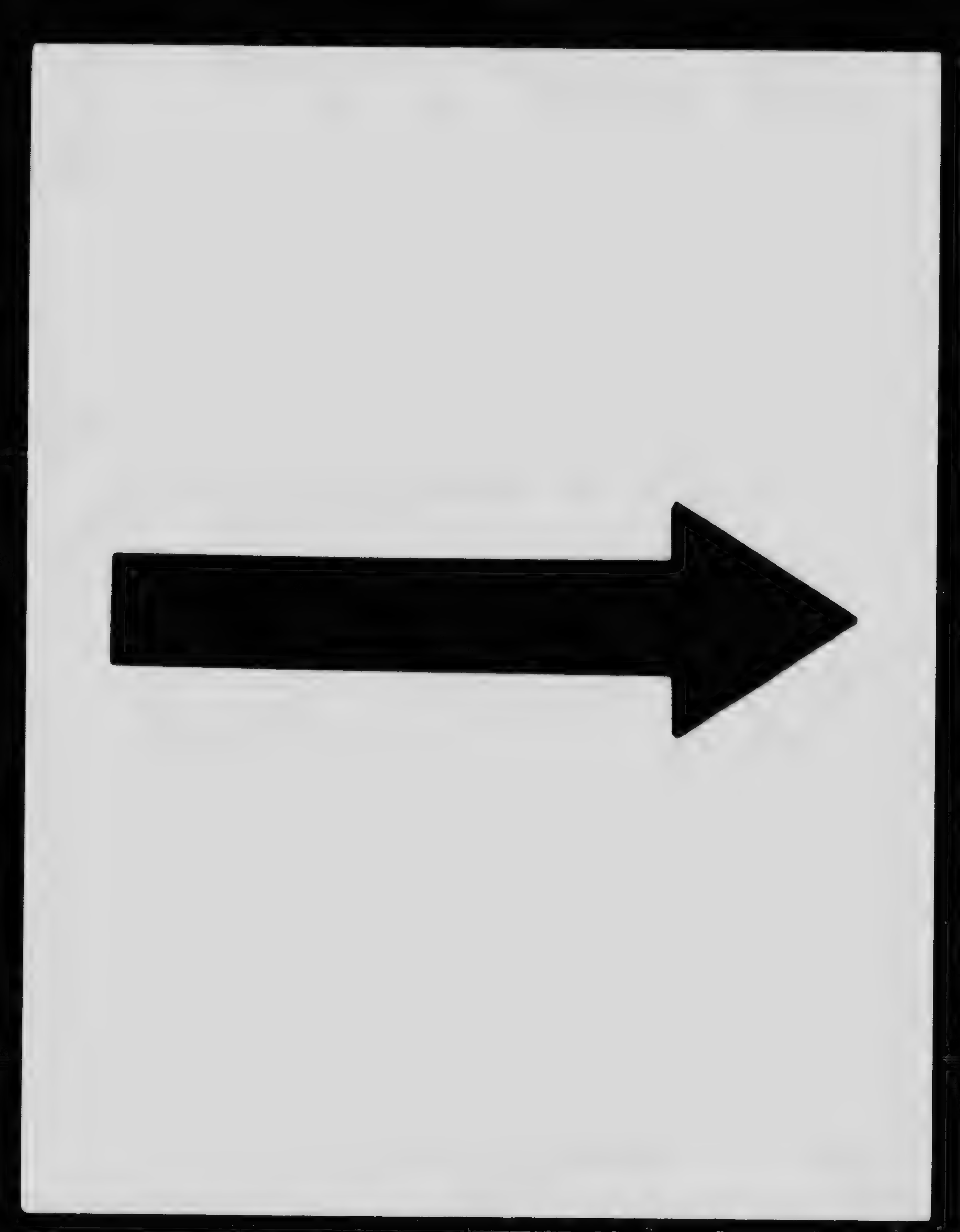
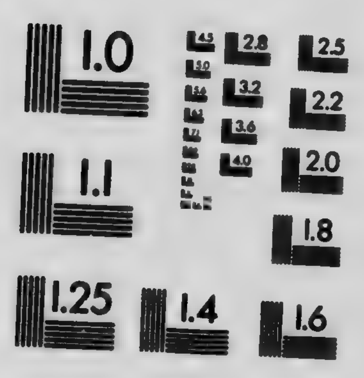


Diagramme indiquant les voltages de décomposition et la polarisation de $NiSO_4$, avec électrodes de platine.



MICROCOPY RESOLUTION TEST CHART

(ANSI and ISO TEST CHART No. 2)





APPLIED IMAGE Inc

1653 East Main Street
Rochester, New York 14609 USA
(716) 482 – 0300 – Phone
(716) 288 – 5989 – Fax

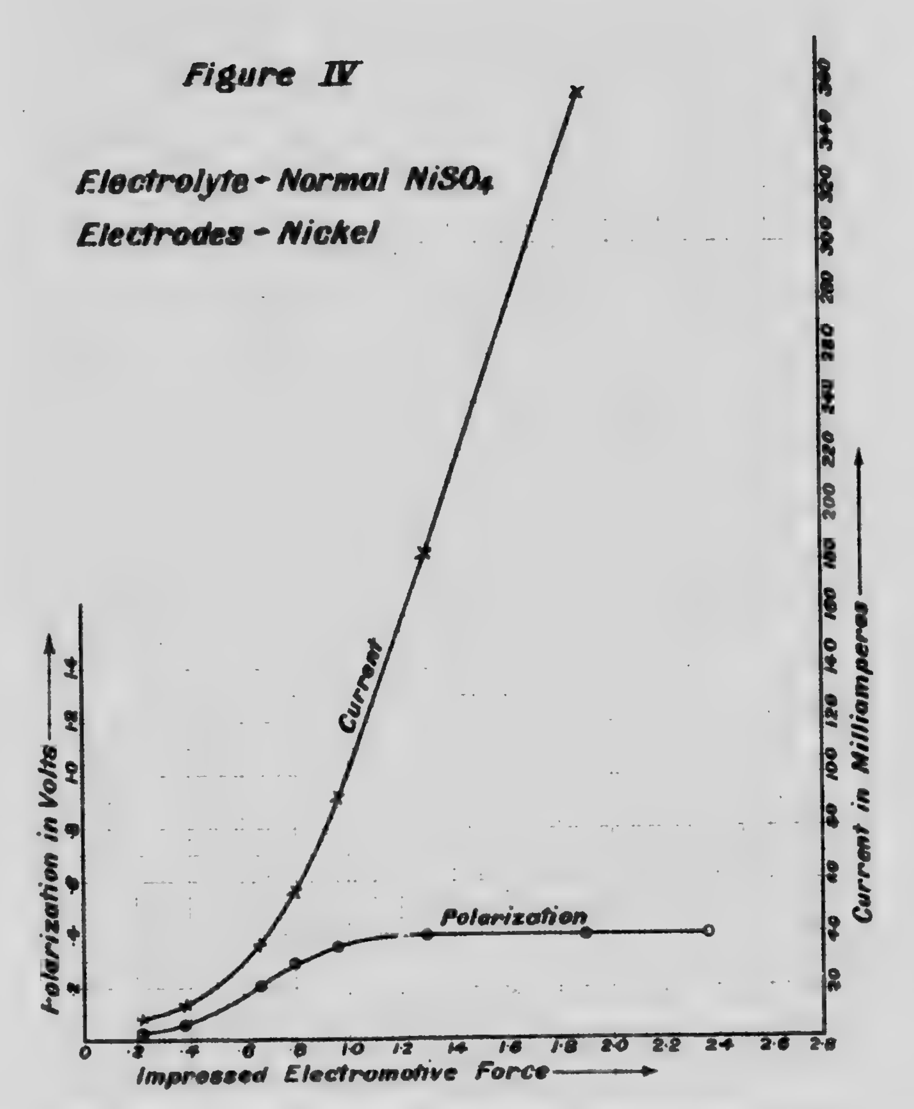


Diagramme indiquant les voltages de décomposition et la polarisation de $NiSO_4$, avee électrodes de nickel

Épreuves industrielles faites à la Russell Motor Car Company.

Rapport de M. W.-S. Barrows, contremaître électroplaqueur.

En collaboration avec les auteurs, M. Barrows a éprouvé la solution I B pour des fins de placage au cours des mois d'août et de septembre 1914. Les placages ont été faits dans les conditions réglementaires industrielles sur le cuivre, le laiton, le fer, l'acier, l'étain, le maillechort, le plomb, le métal Britannia. Divers articles, moulages en laiton, laiton en lame, coinçages d'acier, patins, moyeux d'automobiles, etc., etc., articles de différentes dimensions et de formes diverses, ont été plaqués dans exactement les mêmes condition générales que pour le placage au nickel tel qu'on le fait à la Russell Motor Car Company.

Les épreuves ont été faites dans une solution tranquille, c'est-à-dire sans agitation quelconque, et les placages résultants ont été soumis à des épreuves pratiques les plus rigoureuses. Ce travail n'était envisagé par M. Barrows qu'au strict point de vue industriel, et en tenant compte de ceci, il examina tout particulièrement les aspects suivants: la coloration de la couche, l'uniformité et l'absence de tout défaut, la vitesse possible du placage sans danger de grêle ou de brulé; le maximum possible de densité de courant; la solubilité des anodes, le voltage exigé, les propriétés de "rejet" du bain, c'est-à-dire son aptitude à couvrir les parties les plus creuses de l'objet d'une façon satisfaisante, la solubilité des sels, la dureté des couches, la facilité de la coloration au brunissoir, l'efficacité de la solution de placage, le temps voulu pour le vieillissement du bain, l'adhérence du placage sur la cathode dans les épreuves de courbure et de martèlement, la propreté générale du bain, la corrosion du placage, ainsi que plusieurs autres traits particuliers.

Dans une lettre adressée à l'un des auteurs, en date du 2 novembre 1914, M. Barrows donne un rapport très complet de ses épreuves industrielles faites avec la so ution I B. Voici cette lettre en entier, comme elle nous est arrivée; elle explique admirablement cette partie du travail:

628 Dovercourt Road,
Toronto, 2 novembre 1914.

Docteur Herbert-T. Kalmus,
Université Queen's,
Kingston, Ont.

Cher Monsieur,

Après avoir préparé une solution galvanoplastique de cobalt selon votre formule du bain I B, et l'avoir utilisée tous les jours depuis huit semaines pour plaquer une grande variété d'objets en cuivre, bronze, fer, acier, fer-blanc, maille-chort, plomb, et métal Britannia de diverses formes et dimensions, dans des conditions absolument identiques à celles de placage ordinaire au nickel fait aux ateliers de la Russell Motor Car Company, à Toronto Ouest, et après avoir étudié les caractéristiques de cette solution particulière au point de vue absolument industriel, je puis appuyer toutes les déclarations que vous avez faites à son sujet. Ce bain comportait des anodes de cobalt de 98·75 pour 100 en cobalt qui m'avaient été adressés de votre laboratoire.

Les épreuves ont duré de cinq minutes à vingt-quatre heures et, dans chaque cas, efficacité remarquable du bain a été constatée.

Les cobaltages que nous avons faits étaient polis, blancs et d'une granulation fine, très adhérents et uniformes. De fait, après plusieurs heures de travail, la surface de ces couches était si uniforme et polie, qu'un polissoir au coton de quatre pouces l'a facilement finie au miroir. Nous nous servons de polissoirs de 14 et de 16 pouces pour polir les couches de nickel de trois heures.

Pour éprouver la résistance du cobalt, comparée à celle du nickel quant au polissage à l'émeri, nous avons plaqué des bandes de cuivre, la moitié au cobalt et l'autre moitié au nickel, en donnant toujours à la partie polie au nickel le placage le plus épais; puis l'on a poli en même temps les deux couches. On a constaté qu'invariablement le nickel s'enlevait du cuivre avant le cobalt, et dans la moitié du temps en certains cas.

Bien qu'ils soient durs et fermes, ces placages se colorent superbement sans trop d'effort et exigent beaucoup moins de composition à polissage que les placages comparativement minces de nickel. Des parties d'automobiles de forme irrégulière ont été plaquées en dix et vingt minutes et finies au polissoir de six pouces donnant 3,000 r.p.m., sans accuser le moindre défaut dans le placage. Il aurait fallu au moins une heure de placage pour obtenir le même résultat avec nos bains les plus rapides de nickel.

Je suis convaincu qu'un placage comparativement mince de cobalt sera, comme couche protectrice des surfaces de fer ou d'acier, aussi efficace qu'un placage épais de nickel sorti d'un bain ordinaire au double sulfate de nickel; la durée et l'énergie requises pour la production de ces placages sont décidément en faveur du cobalt.

Les couches sont aussi très adhérentes et l'on n'a pas éprouvé de difficulté de ce chef, bien qu'on leur ait fait subir de nombreuses épreuves de plissement, de martèlement et de chauffement.

L'un des points faibles de bon nombre de ces soi-disantes solutions de placage rapide au nickel que nous avons essayées au sens industriel, est leur faiblesse de rejet, c'est-à-dire qu'elles ne déposent pas facilement le nickel dans les échancrures ou cavités de la cathode. La solution de cobalt I B atteint ce but de la façon la plus efficace, et les couches déposées sur les parties éloignées de la cathode soutiennent toujours l'épreuve.

Une autre caractéristique très remarquable de cette solution qui devrait la recommander à tout galvanoplaste de métier et à tout fabricant d'articles plaqués est la haute densité de courant à laquelle on peut l'employer sans craindre de grêler la surface plaquée. J'ai eu des placages satisfaisants dans des conditions industrielles avec cette solution I B, à une densité de courant de 42 ampères au pied carré. Ceci dépasse de 4 fois ½ la vitesse de nos solutions industrielles les plus rapides de nickel.

Comme épreuve supplémentaire, nous avons plaqué des tubes d'acier du diamètre d'un pouce, en deux heures, au courant de 27 ampères au pied carré; nous avons ensuite étiré les tubes à un diamètre de ⅝ de pouce sans avarier la couche. Bien que le métal déposé soit très dur, sa ductilité est remarquable.

Toutes nos épreuves ont été faites dans une solution stable sans agitation aucune et les placages ont été soumis à l'épreuve la plus rude qu'on ait jugée pratique quant aux couches métalliques de premier choix données aux métaux susdits.

Nous croyons aussi que les anodes du bain de cobalt I B ne prendront pas de couches comme celles qui caractérisent la plupart des anodes ordinaires soumis au bain de nickel, et que les frais d'entretien seront virtuellement nuls comparativement aux frais des solutions de nickel au double sulfate.

Je vous assure que mes expériences sur les solutions de cobalt ont été jusqu'ici très intéressantes, et je crois que leur utilisation industrielle révolutionnera l'art galvanoplastique quant aux articles qui sont aujourd'hui nickelés.

La composition simple de la solution, ses qualités d'auto-maintien et sa vitesse remarquable de déposition, ainsi que les nombreux points déjà signalés, devraient intéresser les exigences industrielles de notre ère progressiste. Je demeure.

Bien sincèrement,

(*signé*) **Walter-S. Barrows,**

Contremaître électroplaqueur,
Russell Motor Car Company,
Toronto Ouest, Ont.

SOLUTION XIII B.

Après l'achèvement des épreuves faites avec la solution I B par M. Barrows, les auteurs adressaient à ce dernier des sels identiques à ceux qu'ils avaient employés, en même temps que les instructions voulues pour la préparation de la solution XIII B, identique à celle qui est décrite à la page 70.

Anodes. Identiques à ceux qui ont servi à la solution I B, voir page 70.

Épreuves industrielles faites à la Russell Motor Car Company.

Rapport de M. W.-S. Barrows, contremaître électroplaqueur.

On a fait avec cette solution des épreuves identiques et selon le même point de vue, à celles de la solution I B (voir pages 70, 71, 72).

Dans une lettre adressée à l'un des auteurs, en date du 1er décembre 1914, M. Barrows donne un rapport complet de ses épreuves industrielles avec la solution XIII B. Cette lettre est donnée ci-contre, telle que reçue:

628 Dovercourt Road,
Toronto, 1er décembre 1914.

Au Docteur Herbert-T. Kahn,
Université Queens',
Kingston, Ont.

Cher Monsieur,

Après une épreuve à fond du bain XIII B, selon votre formule, je vous soumets avec plaisir le rapport suivant:

J'ai trouvé la préparation du bain très simple, et je l'ai incessamment employé à de hautes densités de courant. Cette solution XIII B n'exigera pas évidemment un vieillissement bien prolongé, car elle donne des couches blanches, splendides, dures et parfaites à des densités de courant extrêmes en moins de trois heures après la préparation du bain.

Les expériences ont été variées et les épreuves des couches sévères et délibérées, et les résultats ont toujours été de nature à me faire croire que le bain de cobalt XIII B est la plus grande découverte de la galvanoplastie moderne.

Le travail du bain est absolument fascinant: la sphère de vitesse du placage industriel est étonnante tandis que la qualité des couches obtenues est supérieure à celle du nickel pour plus d'une raison.

L'efficacité de la solution fraîchement préparée et les qualités d'auto-maintien du bain sont sans égales dans les solutions galvanoplastiques que j'ai jusqu'ici employées.

Des coinçages minces de laiton, bosselés, ont été plaqués dans le bain XIII B en une minute seulement, et donnés à un brosseur qui ignorait l'existence du bain et qui avait l'habitude de polir une heure et quart les couches de nickel de coinçages semblables. Ce brosseur a poli les cobaltages sur un polissoir de coton de 10″ donnant 3000 r.p.m. Le fini était parfait, sans bords dénudés. Ces coinçages ont été plaqués en lots de deux douzaines, durant une minute, et sur 500 trois seulement étaient vraiment imparfaits après le brunissage. Chaque coinçage est formé en spirale après le finissage sans que la couche soit avariée. Des moulages en f gris qui portent des dessins en relief ont subi un placage d'une minute dans un bain de cobalt XIII B, puis un polisssge d'un quart d'heure au moyen de quatre, sans la moindre avarie quant à la couche de cobalt, comme l'établit une immersion de trente-six heures dans quinze onces d'eau acidulée au moyen d'une once d'acide sulfurique.

En m'appliquant à trouver la limite des densités de courant d'ordre pratique de ce bain XIII B, j'ai plaqué des garnitures d'automobile à une densité de courant de 244 ampères au pied carré. Ces pièces ont été plaquées en lots de six au pied carré. Ces pièces, au nombre de cent, ont été plaquées en lots de six, brunies et préparées pour le magasin en une heure. Ce travail a été fait par un seul homme, sans préparatif extraordinaire. La pièce plaquée mesurait 5″ × 1½″.

Des calottes de moyeu d'automobile ont été plaquées en trois minutes dans le bain de cobalt XIII B et polis à beau lustre superbement bleuâtre au polissoir de coton de 7″ donnant 1200 r.p.m. Les couches résistaient amplement au traitement rude que subissent ces objets. On a fait les épreuves comparatives suivantes des couches. Des pièces semblables, nickelées au double sulfate durant une heure, ont été suspendues comme anodes dans une solution à parties égales d'eau et d'acide muriatique, puis on a utilisé des cathodes de plomb en feuilles, introduisant dans le bain un courant de 200 ampères à 10 volts. Le nickel partait en 30 secondes alors que le cobalt résistait pendant 45 secondes.

Ces épreuves ont été faites en une solution stable, sans agitation aucune. Des agitateurs mécaniques auraient de beaucoup augmenté ces densités de courant et donné des résultats tout-à-fait satisfaisants.

Ces cobaltages étaient très durs, blancs, adhérents et se polissaient sans aucun effort.

On a plaqué plusieurs instruments aigus de chirurgie, lesquels se sont parfaitement finis, et la dureté de la couche de cobalt n'a exigé qu'un dépôt très mince pour égaler les meilleures couches de nickelage que nous ayions reçues en échantillon. Les cobaltages devraient avoir grande valeur dans la galvanoplastie des instruments de chirurgie pour cette raison, que les couches épaisses non adhérentes sont très dangereuses dans cette sphère de travail.

Vu la douceur inaccoutumée du temps dans la localité, le mois dernier, je n'ai pas terminé les épreuves de cobaltage sur les lames de patin fortement trempées, mais à en juger par les dures épreuves imposées à l'intérieur et par l'apparence, nous n'hésitons pas à rapporter progrès dans ce sens. Un cobaltage de trois minutes au bain XIII B résiste aussi longtemps à la corrosion qu'un nickelage d'une heure; ... ni est même supérieur; toutes les épreuves imposées dans la fabrication des objets nickelés n'ont pas été plus efficaces sur les cobaltages. Nous croyons qu'en raison de leur efficacité, les minces dépôts de cobalt seront excellents pour les patins ou tout outil tranchant qui exige une couche protectrice de métal.

Les épreuves faites avec le bain XIII B ont duré d'une minute à quinze heures et demie, et les résultats ont été dans chaque cas remarquables. On a produit des électrotypes de 1/16" d'épaisseur. Des électro-moules ont été cobaltés à ¼" d'épaisseur, l'électrotype comportant des moules en cire recouverte de graphite et en plomb, et les coins étant faits en métal Britannia recouvert d'argent oxydé.

Les couches du bain XIII B étaient très adhérentes et flexibles. On peut facilement produire des placages blancs, durs et résistants sur toute surface conductrice en régularisant bien le courant.

Le pouvoir de rejet du bain cobaltien XIII B permet l'emploi de ce dernier pour le placage d'objets profondément dentelés ou creusés: réflecteurs, mains courantes ou tout, objet formant saillie.

Nous avons aussi obtenu les meilleurs placages à de très hautes densités de courant, bien que les placages finis à 75 ampères au pied carré aient une bonne coloration et bonne facilité de polissage. D'excellents placages se sont facilement produits à une densité de courant de 150 ampères au pied carré, et des densités de cet ordre ont été employées dans presque toutes nos épreuves.

Le bain XIII B peut donner des couches dures, résistantes et blanches sans paille ni tache à une densité de courant de 150 ampères au pied carré et dans les conditions ordinaires de l'industrie. C'est là quinze fois la vitesse de nos plus rapides solutions industrielles de nickelage.

De plus, les sommets et crochets d'anodes restent indemnes des sels rampants. La solution conserve son aspect primitif net et les anodes se dissolvent satisfaisamment, sans former de boue ou de couche; il sera donc inutile de brosser ou de nettoyer les anodes. Les anodes utilisés dans ce bain comportaient 98·75 pour 100 de cobalt et me venaient de votre laboratoire. Aux débuts de nos épreuves, le bain était fortement acide au litmus, et s'est maintenu sans modification durant toutes nos expériences. La gravité spécifique de la solution, fraichement préparée était de 1·24 et l'est encore aujourd'hui.

Le riche ton blanc bleuâtre profond des cobaltages sur des surfaces polies de laiton est digne de remarque; ce trait devrait donner une grande popularité aux couches de cobalt dans les garnitures, fournitures et accessoires de plomberie en laiton.

Mes expériences avec le bain de cobalt XIII B ne sont nullement terminées. J'entends l'employer jusqu'à ce que mon approvisionnement actuel soit épuisé puis de préparer alors un bain plus grand si je puis ne procurer les ingrédients. Comme atilité industrielle ce bain est à bon sens merveilleusement efficace et économique.

Tenant compte de l'écart dans le prix du cobalt et du nickel, je suis convaincu que le cout du métal, pour le placage d'une quantité donnée au cobalt, serait de beaucoup moindre que pour le nickelage.

De plus l'usage du bain de cobalt XIII B avec appareil automatique de passage des pièces dans le bain, épargnerait les trois quarts des frais de main-d'oeuvre, et un semblable appareil serait utile à un bien plus grand nombre d'objets que ne l'est aujourd'hui le système du nickelage.

Nous ne saurions trop faire l'éloge du bain de cobalt XIII B, et nous croyons que son avenir surpassera de beaucoup le succès de tous les bains de placage qui servent aujourd'hui.

Permettez-moi en terminant de vous féliciter chaleureusement des succès que vous avez eus avec les solutions de cobalt, et croyez bien que je désire, en appréciant profondément l'avantage d'avoir pu éprouver ces solutions, vous offrir mes remerciements sincères des bienfaits que j'en ai tirés.

Votre tout dévoué,
(*signé*) **Walter-S. Barrows,**
Contremaître galvanoplaste,
Russell Motor Car Co.,
West Toronto, Ont.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR LES ÉPREUVES INDUSTRIELLES DES SOLUTIONS DE PLACAGE AU COBALT.

(1) Plusieurs solutions de cobalt ont été trouvées propres à la galvanoplastie au cobalt dans les conditions de la pratique industrielle. Les meilleures d'entre elles sont les suivantes:

SOLUTION I B.

Sulfate de cobalt-ammonium, $CoSO_4\ (NH_4)_2\ SO_4\ 6H_2O$, 200 grammes au litre d'eau, ce qui équivaut à 145 grammes de sulfate de cobalt-ammonium anhydre, $CoSO_4\ (NH_4)_2\ SO_4$ au litre d'eau. Densité = 1·053 à 15°C.

SOLUTION XIII B.

Sulfate de cobalt $CoSO_4$	312 grammes.
Chlorure de sodium, NaCl	19·6 "
Acide borique	Presqu'à saturation.
Eau	1000 c.c.

Densité = 1·25 à 15° C.

(2) Les cobaltages faits avec des solutions sur le cuivre, l'acier, le laiton, le fer, le maillechort, le plomb et le métal Britannia de différentes formes et dimensions, et couchés dans des conditions identiques à celles que la pratique ordinaire en nickelage, sont fermes, adhérents, durs et uniformes. Ils peuvent facilement prendre un fini satisfaisant au brunissage, avec beau lustre légèrement bleuâtre quoique brillamment blanc.

(3) La conductivité électrique de ces solutions est fortement plus élevée que celle des solutions nickeliennes réglementaires, de sorte que les autres conditions étant égales, elles peuvent travailler à un voltage moindre pour une vitesse donnée de placage.

(4) La solution I B est susceptible de cobalter sur les objets de diverses formes et dimensions qu'on rencontre dans la pratique industrielle, à une vitesse au moins quatre fois supérieure à celle des solutions satisfaisantes de nickel les plus rapides.

(5) La solution XIII B est susceptible de cobalter les objets de formes et de dimensions diverses qu'on rencontre dans la pratique ordinaire de l'industrie à une vitesse au moins quinze fois supérieure à celle des solutions de nickel satisfaisantes les plus rapides.

(6) Des placages venant de ces deux solutions, sur diverses pièces de magasin, ont satisfaisamment soutenu les épreuves de plissement, de martèlement, de brunissage auxquelles le nickelage industriel ordinaire est soumis.

(7) Ces deux solutions très rapides au cobalt sont remarquables pour leur puissance de jet. C'est-à-dire qu'elles couvrent rapidement de cobalt les dentelures de la pièce.

(8) Ces deux solutions rapides travaillent à ces hautes vitesses dans une solution parfaitement stable, sans agitation aucune.

(9) Ces deux solutions sont toutes deux plus propres, plus libres des [illegible]s et des matières précipitées que les bains industriels de nickel [illegible]es.

[illegible] Le cobalt déposé à cette grande vitesse est de beaucoup plus dur [illegible]el déposé dans un bain de nickel quelconque. Conséquemment, un [illegible] moindre de cette couche dure de cobalt donnera la même couche protectrice qu'un poids plus grand de la couche de nickel plus douce. Tenant compte de la solution XIII B de cobalt travaillant à 150 ampères au pied carré sur des parties d'automobile, des coinçages de laiton, etc., etc., il se dépose en une minute un poids de cobalt suffisant pour endurer les épreuves industrielles ordinaires; y compris le brunissage et le finissage. Il faut au moins une heure, avec les meilleurs bains de nickel, à 10 ampères au pied carré environ, pour donner une couche également satisfaisante. Le poids réel de la couche de cobalt doit donc être d'environ le quart de celui du nickel.

(11) Dans les conditions de ces solutions rapides de placage, il ne faut que le quart du poids en cobalt, comparativement au poids de nickel, pour donner le même résultat de protection sous plusieurs rapports, en conséquence, si le nickel vaut 50c la livre sous forme d'anodes, le cobalt

vaudrait donc $2 la livre sous la même forme, pour atteindre la même base, poids pour poids de métal. Il y a de plus d'autres avantages pour le cobalt quant à l'économie de main d'oeuvre, de temps, d'accessoire, etc.

(12) On obtiendrait une somme donnée de travail par jour dans une chambre plus petite avec le cobalt qu'avec le nickel.

(13) Et dans ces solutions très rapides de placage, par l'emploi d'appareils mécaniques pour la manutention du travail, le temps voulu pour le placage ainsi que les frais de main-d'oeuvre seraient très fortement réduits. La solution I B et surtout la solution XIII B, sont si rapides qu'elles révolutionnent tout sous ce rapport.

(14) Il est évident que les frais de réparations, de fournitures, etc., seraient moindres dans les placage au cobalt que dans le nickelage, car les proportions de l'installation sont moindres pour une somme donnée de travail.

(15) Le voltage exigé pour un cobaltage extrêmement rapide est plus considérable que pour la plupart des bains de nickel; il n'est pas si fort cependant pour empêcher l'emploi des machineries dont on se sert généralement aujourd'hui. À la même vitesse de placage, la solution de cobalt exige un voltage bien inférieur.

(16) Pour une somme donnée de travail, la consommation d'énergie dans ce cobaltage rapide est moindre que celle du nickelage. Ceci est évident car la somme totale de métal déposé dans le cas du cobalt est beaucoup moindre, alors que le voltage auquel elle est déposée n'est pas comparativement plus fort.

(17) L'ornementation sur laiton, cuivre, étain ou maillechort n'exigerait qu'une déposition d'une minute. Même des articles exposés à de rudes influences atmosphériques, ou à la friction, pourraient être admirablement cobaltés en quinze minutes dans la solution XIII B. On ne comprendra pas les énormes perspectives de cette solution à moins que des appareils mécaniques soient appliqués de façon à réduire considérablement le travail manuel.

(18) Les couches épaisses venant de ces solutions sont de beaucoup supérieures à toutes celles que nous avons vues dans les nickelages. La tendance à tordre des cathodes minces est moins accentuée, alors que des électrotypes et des électro-moules ont reçu une couche supérieure épaisse d'une façon très satisfaisante. Les lignes sont très dures, aigues, et vigoureuses, et la surface est douce. Le nickel n'égale pas le cobalt quant à l'excellence des couches massives.

(19) Plusieurs de ces épreuves ont été faites par des artisans désintéressés des ateliers de la Russell Motor Car Company, qui ont toujours fait rapport en faveur du cobalt, comme susdit.

(20) Les deux solutions I B et XIII B sont substantiellement autosoutenantes, une fois qu'elles sont mises en voie de travail, et la somme de vieillissement nécessaire à cette fin est bien inférieure pour elles que pour les bains actuels de nickelage industriel.

REMERCIEMENTS.

Les nombreuses analyses relativement à ces expériences ont été faites par M. Russell-C. Wilcox, B.Sc., et au cours de l'été de 1914, un bon nombre d'expériences en placage ont été faites par M. C.-S. Allin, B.A. Les auteurs désirent témoigner leur reconnaissance à ces messieurs.